IMP. INST. ENTOM.
— LIBRARY —
No. 6314

M.L.

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/journal-of-applied-entomology_1933-1934_20

ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

ZUGLEICH ORGAN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

HERAUSGEGEBEN VON
K. ESCHERICH
Dr. med. et phil., Dr. h. c., o. ö. Professor an der Universität München

ZWANZIGSTER BAND

MIT 205 TEXTABBILDUNGEN

BERLIN
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen
SW 11, Hedemannstraße 28 u. 29
1934.

ALLE RECHTE, AUCH DAS DER ÜBERSETZUNG, VORBEHALTEN.

PRINTED IN GERMANY.

Inhaltsverzeichnis zum zwanzigsten Band.

I. Originalaufsätze.

Seite

Ali, Mithat, Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklung des Schwammspinners, *Porthetria dispar* L. (Mit 12 Abbildungen.) 354

Andersen, K. Th., Der Einfluß der Umweltbedingungen (Temperatur und Ernährung) auf die Eierzeugung und Lebensdauer eines Insekts (*Sitona lineata* L.) mit postmetaboler Eientwicklung und langer Legezeit. (Mit 4 Abbildungen.) . 85

Beran, Ferd., und Watzl, O., Untersuchungen über Obstbaumkarbolineen. (Mit 11 Abbildungen.) 382

Beran, Otto, Forstentomologische Untersuchungen aus dem Gebiete von Lunz III. Untersuchungen über den Verlauf der absoluten Feuchtigkeit in der Kambialzone liegender Fangbäume 442

Boas, Prof. Dr. J. E. V., Ein ernster Angriff von *Lyda arvensis* Panz. (Mit 13 Abbildungen.) 268

Borchers, Dr. F., Bemerkungen zu der Arbeit von Rudolf Geiger: „Meteorologische Beobachtungen bei der mittelfränkischen Kieferneulenbekämpfung mit Flugzeug und Motor im Frühjahr 1931“ 117

Buchmann, Dr. Walter, Untersuchungen über die Teilchengröße der wirksamen Substanz von wäßrigen Pyrethrum-Insektenpulver-Suspensionen 136

Dauberschmidt, Karl, Vergleichende Morphologie des Lepidopterendarmes und seiner Anhänge. (Mit 22 Abbildungen.) 204

Fahringer, Dr. Josef, Über Braconiden und ihre Wirte 307

Gause, G. F., Über einige quantitative Beziehungen in der Insekten-Epidemiologie. (Mit 2 Abbildungen.) 619

Gößwald, Karl, Die Wirkung des Kontaktgiftes Pyrethrum auf Forstschädlinge unter dem Einfluß der physiologischen Disposition der Schädlinge und der Einwirkung von ökologischen Außenfaktoren. (Mit 10 Abbildungen.) 489

Hecht, Otto, Experimentelle Beiträge zur Biologie der Stechmücken III. Blutverdauung und Eireifung bei *Anopheles maculipennis* am Ende der Überwinterung. (Mit 1 Abbildung.) 126

Herold, Dr. W., Die Entwicklung einer Aedinenplage im Sommer 1932 in Swinemünde. (Mit 3 Abbildungen.) 435

Hofmann, Christoph, Der Einfluß von Hunger und engem Lebensraum auf das Wachstum und die Fortpflanzung der Lepidopteren. (Mit 25 Abbildungen.) . 51

Kojima, Toshibumi, Studien zur Ökologie des Kiefernspinners, *Dendrolimus pini* L. (Der Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf Sterblichkeit und Entwicklungsdauer.) (Mit 11 Abbildungen.) 329

Körting, Dr. A., Beitrag zur Kenntnis der Entwicklung von *Haplothrips aculeatus* F. (Mit 7 Abbildungen.) 281

Kozhantschikow, I. W., Zur Frage nach dem Temperaturoptimum des Lebens. II. Über die Temperaturabhängigkeit einzelner physiologischer Prozesse und ihre Beziehung auf das Lebensoptimum des Organismus. (Mit 4 Abbildungen.) . . 590

Kuntze, Dr. Roman, Über die Verpuppungsweise einiger Parasiten der Kieferneule (*Panolis flammea* Schiff.). (Mit 4 Abbildungen.) 425

Seite

Langenbuch, Dr. R., Beiträge zur Kenntnis der Biologie von *Agriotes lineatus* L. und *Agriotes obscurus* L. (II. Teil.) (Mit 1 Abbildung.) 296

Leach, J. G., The Method of Survival of Bacteria in the Puparia of the Seed-Corn Maggot (*Hylemyia Cilicrura* Rond.) (With 9 Figures.) 150

Lühmann, Martin, Beitrag zur Biologie des Schneeballkäfers *Galerucella viburni* Payk., mit besonderer Berücksichtigung der Brutfürsorge und der mit diesen Instinktäußerungen in Zusammenhang stehenden anatomischen und physiologischen Besonderheiten. (Mit 15 Abbildungen.) 531

Marcus, Dr. B. Adolf, Die Entwicklung der Forleule (*Panolis flammea* Schiff.) 1931 im Lorenzer Reichswald. (Mit 5 Abbildungen.) 169

Meyer, E., Ein einfacher, selbstherstellbarer Thermohygrostat mit innerer Luftzirkulation. (Mit 8 Abbildungen.) 624

Meyer, N. F., Schlupfwespen, die in Rußland in den letzten Jahren aus Schädlingen gezogen sind 611

Schedl, Karl E., Statistische Untersuchungen über die Kopfkapselbreiten bei Blattwespen. (Mit 2 Abbildungen.) 449

Smirnov, Eugen, und Wiolovitsh, N., Über den Zusammenhang zwischen der Populationsdichte und Eierproduktion der Weibchen bei der Schildlaus *Chionaspis salicis* L. (Mit 9 Abbildungen.) 415

Speyer, W., Obstbaumkarbolineum als Schädlingsbekämpfung 565

Zwölfer, W., Studien zur Ökologie, insbesondere zur Bevölkerungslehre der Nonne, *Lymantria monacha* L. (Vermehrungspotential und Sterblichkeit der Entwicklungsstufen in ihren Beziehungen zu Temperatur und Luftfeuchtigkeit). (Mit 2 Abbildungen und 14 Diagrammen.) 1

II. Kleine Mitteilungen.

Über Fliegenlarveninfektionen *(Lucilia sericata)* bei Schafen im Wieringermeerpolder (Zuiderzeegebiet). Von Dr. E. A. R. F. Baudet und Dr. Otto Nieschulz. (Aus dem Institut für parasitäre und Infektionskrankheiten der Reichsuniversität zu Utrecht. Direktor Prof. Dr. L. de Blieck) 324

Dem 60jährigen Prof. Dr. Enoch Zander. (Mit 1 Abbildung.) 326

Chortophila rubicola n. sp., ein Schädling der Himbeertriebe. Von Prof. Dr. Günther Enderlein 327

Berieselung und Malaria. Von Prof. Dr. St. Konsuloff-Sofia 461

Boarmia bistortata Goeze als primärer Schädling der Tannenbestände. Von S. S. Prosoroff. (Aus dem Sibirischen Forschungsinstitut für Waldwirtschaft.) (Mit 3 Abbildungen.) 463

Zur Bionomie der Copeognathen (Staubläuse) 636

Kleiner Beitrag zur Kenntnis der Holzschädlinge. Von Dr. Karl Schedl. (Mit 1 Abb.) 638

Die Makrofauna der Waldstreu. Quantitative Untersuchungen in Beständen mit guter und schlechter Zersetzung des Bestandesabfalls. Autoreferat von Anton Ulrich 640

Einiges über die Schildmotte. (Mit 6 Abbildungen.) 642

III. Referate.

Einzelreferate 162, 467, 646

IV. Neue Literatur.

Eingesandte Literatur 471

Autorenregister 651

Sachregister 656

Band XX, Heft 1.

Originalaufsätze.

Studien zur Ökologie, insbesondere zur Bevölkerungslehre der Nonne, Lymantria monacha L.

(Vermehrungspotential und Sterblichkeit der Entwicklungsstufen in ihren Beziehungen zu Temperatur und Luftfeuchtigkeit).

Von

W. Zwölfer, München.

(Aus dem Institut für angewandte Zoologie.)

(Mit 2 Abbildungen und 14 Diagrammen.)

Inhaltsübersicht.

Bei Aufzucht der Raupen von *Lymantria monacha* L. unter verschiedenen Temperaturen (und bei relativen Luftfeuchtigkeitsgraden zwischen 50—100%) steigt das resultierende Puppengewicht mit zunehmender Temperatur, erreicht bei weiblichen Puppen unter ca. 25° C den Höchstwert, und sinkt bei höheren Temperaturen wieder ab. Für die künftige Produktion an legereifen Eiern und für den Sexualindex gilt das nämliche. — Zwischen weiblichem Puppengewicht und Produktion legereifer Eier bestehen Beziehungen, die prognostisch verwertbar sind. — Aufzucht der Raupen unter extrem niederer Luftfeuchtigkeit führt zu sterilen Kümmerformen. — Die Widerstandsfähigkeit des Nonneneies während seiner Embryonalentwicklungszeit gegen Temperatur und Feuchtigkeitseinflüsse ist vergleichsweise groß (euryhygrotherm). Jene gegen geringe Luftfeuchtigkeit nimmt während der herbstlichen Übergangsperiode ab, und erreicht während der Schlüpfperiode des Eies ihren kleinsten Wert. — Der Bereich günstiger Temperatur und Feuchtigkeitsbedingungen für Larve I ist vergleichsweise eng begrenzt (stenohygrotherm). Jener für Larve II, sowie für Larve III bis VI und für die Puppe ist relativ sehr groß (euryhygrotherm), wenn man die individuelle Überlebenswahrscheinlichkeit dieser Stufen als Vergleichsmaß heranzieht. Im Hinblick auf optimale Entfaltung des künftigen Vermehrungspotentiales erweist sich hingegen der Bereich günstiger Lebensbedingungen für die älteren Raupen an höhere Temperaturen (um 25° C) gebunden. — In aufeinanderfolgenden Generationen kann die Mortalität einzelner Stadien unter denselben Temperatur-Feuchtigkeitsbedingungen gleichsinnige Änderungen aufweisen.

Es sei mir gestattet, an dieser Stelle dem Vorstand des Institutes, Herrn Geheimrat Prof. Dr. K. Escherich, für das warme Interesse herzlichst zu danken, das er dieser Arbeit stets entgegenbrachte. Dank schulde ich ihm ferner für sein verständnisvolles, großzügiges Eingehen auf meine Wünsche bezüglich der technischen Einrichtungen für die Durchführung der Untersuchung.

Folgerichtig ausgelegt zeigen die experimentellen Ergebnisse, daß das Klima durch die Witterungskonstellation im Juni und insbesonders im Juli entscheidenden direkten Einfluß auf das Wachstum der Nonnenbevölkerung ausübt. Hohe Wärmegrade während dieser Zeit führen zu einer Steigerung von Eiproduktion und Sexualindex und damit zu einer enormen (im extrem 10fachen) Zunahme des Vermehrungspotentiales. Wichtig ist weiterhin die Witterung während der Hauptzeit des Auftretens der Eiraupe und bis zu einem gewissen Grade auch jene während der Schlüpfperiode des Eies. Relativ hohe Wärmegrade während dieser Zeitabschnitte ermöglichen der Mehrzahl dieser Stadien die Erreichung der zweiten Larvenstufe, die gegen direkte Klimaeinflüsse schon große Widerstandsfähigkeit besitzt.

Die Versuchsergebnisse und ihre richtige Interpretation werden durch Freilandbeobachtungen und klimatologisch-statistische Feststellungen der einschlägigen Literatur weitgehend bestätigt.

* * *

Seite

Material, Methode, Fehlerquellen 4
Das Vermehrungspotential 7
Weibliches und männliches Puppengewicht 10
Eizahl 13
Sexualindex 14
Relatives und absolutes Vermehrungspotential 19
Puppengewicht — Eizahlrelation und deren prognostische Bedeutung . . 20
Wirkung niederer Luftfeuchtigkeit 22
Kopula und Eiablage 23
Die Sterblichkeit im Eistadium 24
Die Embryonalzeit 25
Die herbstliche Übergangsperiode 26
Die Überwinterungsperiode 28
Die Schlüpfperiode 29
Zusammenfassung 30
Die Sterblichkeit im Raupen- und Puppenstadium 32
Larve I 32
Larve II 33
Larve III—VI, Puppe 35
Änderung der Sterbewahrscheinlichkeit in aufeinanderfolgenden Generationen . . . 38
Folgerungen für die Bevölkerungslehre der Nonne 39

* * *

Die Untersuchungen, über die im folgenden berichtet wird, bilden den Versuch, die bekannten, ihrem Wesen nach aber noch nicht geklärten Beziehungen zwischen Klima und Massenvermehrung der Nonne experimentell zu begründen. Sie umfassen einen Teil der Ergebnisse zweijähriger Studien. Den äußeren Anlaß zu ihnen bot das bedrohliche Anwachsen der Nonnenbevölkerung während der letzten Jahre in gewissen bayerischen Forstämtern von Oberfranken und der Oberpfalz.

Beziehungen zwischen Klima und Nonnenvermehrung sind schon von Ratzeburg (39, 40) vermutet und seitdem in verschiedener Weise von den einzelnen Autoren belegt worden. Es sei hier nur auf die Arbeiten von Pauly (38), Zederbauer (66), Sedlaczek (45, 46), Escherich (17

bis 20). Knoche (28—30), Ruzicka (42)[1]), von Leuthold (33), Wellenstein (59), Komárek (31) und Wilke (62) verwiesen. Unter den Veröffentlichungen aus neuerer Zeit geben jene der beiden letztgenannten einen zusammenfassenden Literaturüberblick zur Frage, so daß sich hier eine Wiederholung dieser Dinge erübrigt.

Auch der Weg des Experimentes ist in der Nonnenforschung schon beschritten worden. Erstmals geschah dies durch Schemigonow[2]), Escherich (18) und seine Schüler, sowie Knoche (28). Späterhin hat Komárek (31) in dieser Weise eine Vertiefung unserer Kenntnisse der Beziehungen zwischen Klima und Nonne versucht. Doch fehlte bislang eine systematische experimentelle Bearbeitung in dem Sinne, wie sie ursprünglich Shelford (50, 51, 51a) und Bodenheimer (6, 7, 8) für ihre Objekte gaben, und wie ich selbst sie 1930 mit etwas abgeänderter Zielsetzung für die Kieferneule durchführte (Zwölfer [67]). Nachdem diese Arbeit zu positiven und wie sich in der Folge zeigte, auch für die Praxis verwertbaren Ergebnissen führte — ihre Hauptresultate sind inzwischen von anderer Seite bestätigt worden[3]) — war es naheliegend, die Methode auch auf die Nonne anzuwenden und zugleich den Versuch ihres weiteren folgerichtigen Ausbaues zu unternehmen.

Da der an sich sehr einfache Grundgedanke dieser Methode mehrfach mißverstanden worden ist, sei er hier kurz umrissen: Ausgehend vom Minimumgesetz in seiner allgemeinsten von Thienemann (54) geprägten Fassung[4]) wird versucht die Empfindlichkeit oder was gleichbedeutend ist, die partielle ökologische Valenz[5]) möglichst aller Entwicklungsstufen gegenüber der Faktorenkombination Temperatur/Luftfeuchtigkeit mit Hilfe des Serienversuches zu ermitteln. Der Prozentsatz im Einzelversuch Überlebender und die nächst höhere Entwicklungsstufe erreichender Individuen (Vitalität, Überlebenswahrscheinlichkeit)[6]) bezw. jener der Absterbenden (Mortalität, Sterbewahrscheinlichkeit), der das unmittelbare Ergebnis der Versuche bildet, wird dabei als quantitativer Ausdruck der Empfindlichkeit der verschiedenen Stufen gewertet. Anschaulich kommt diese im Vitalitäts- bezw. Mortalitätsdiagramm (Thermohygrogramm) zum Ausdruck. Der systematische Vergleich der letzteren liefert Anhaltspunkte zur Beurteilung

1. der Anpassungsbreite und partiellen ökologischen Valenz der einzelnen Stufen,
2. der Stufe mit geringster partieller ökologischer Valenz (kritisches Stadium)[7]),
3. der Reihenfolge des Anstieges der partiellen ökologischen Valenz der einzelnen Stufen (kritisches Stadium I. Ordnung, II. Ordnung usw.).

[1]) Die tschechischen Arbeiten dieses Autors zitiert nach Komárek (31).

[2]) Zitiert nach Bachmetjew (2).

[3]) Schimitschek (43).

[4]) Vgl. hierzu auch Zwölfer (68) S. 14.

[5]) Hesse (24), der den Ausdruck erstmals anwandte, bezieht die ökologische Valenz auf die Gesamtheit der Umweltfaktoren. Dieser als der totalen ökologischen Valenz läßt sich sinngemäß die partielle gegenüberstellen, ähnlich wie dies an anderem Orte für den Widerstand der Umwelt geschehen ist (Martini [35], Zwölfer [68], vgl. auch Lenz [32]).

[6]) Beides entspricht begrifflich dem „survival potential" von Chapman (10).

[7]) Das Auftreten besonders empfindlicher Stufen im Entwicklungsgang einer Art, die ich früher der Einfachheit wegen als „kritische Stadien" bezeichnete, ist neuerdings bestritten worden. Dem praktischen Tier- und Pflanzenzüchter sind solche Stadien längst bekannt. Das Minimumgesetz arbeitet — wenn auch unter anderer Bezeichnung — bewußt mit ihnen, was von seiten einer einseitigen Kritik offenbar übersehen wurde.

Diese Befunde haben zunächst nur relative Bedeutung. Bringt man sie mit der Erscheinungszeit der einzelnen Stufen (Phänologie) in freier Natur in Verbindung und mit den Bedingungen, die während derselben herrschen, so sind Folgerungen von größerer Tragweite möglich. Die Betrachtungsweise führt schließlich bei stenohygrothermen Arten mit getrenntem Generationsverlauf zur Kenntnis der „kritischen Zeit" bezw. der „kritischen Zeiten" und jener Witterungsbedingungen während derselben, die fördernd oder hemmend auf das Wachstum einer Insektenpopulation wirken und damit deren Schicksal entscheidend beeinflussen können.[1])

Es versteht sich von selbst, daß der angedeutete Weg im Prinzip nicht nur bei Betrachtung der klimatischen Faktorengruppe eingeschlagen werden kann, sondern auch bei der chtonischen und biotischen. Aus technischen Gründen mußte sich die vorliegende Untersuchung auf die Wirkung der ersteren beschränken.

Die zur Ergänzung unerläßlichen Felduntersuchungen (Phänologie, Sterblichkeitsstatistik, Mikroklima) waren ebenfalls aus technischen Gründen mit der Laboratoriumsarbeit nicht vereinbar. Sie wurden von einem zweiten Beobachter — Forstreferendar K. Wellenstein — in den Beständen des Forstamtes Neustadt bei Coburg im Frühjahr und Sommer 1931 ausgeführt. Der Genannte wird an anderer Stelle über sie berichten.[2]) Hier sei zusammenfassend vorausgeschickt, daß die Ergebnisse der experimentellen Studie mit jenen der Freilandbeobachtung in allen wesentlichen Punkten übereinstimmen.

Im Interesse einer kurzen Darstellung wurde grundsätzlich auf Mitteilung bionomischer Details, die mit der behandelten Frage direkt nichts zu tun haben, verzichtet. Aus demselben Grunde unterblieb die Wiedergabe aller zum Verständnis des Textes nicht unbedingt erforderlichen Zahlentabellen der Versuchsergebnisse.

Material, Methode, Fehlerquellen.

Material und Methode: Das Ausgangsmaterial zu den Untersuchungen über Vermehrungspotential und Sterblichkeit der Larven und Puppen bildeten sowohl 1931 wie 1932 Nonneneier, die im Herbst des jeweils voraufgehenden Jahres im Freien (Forstamt Neustadt) gesammelt worden waren. War somit dies Versuchsmaterial einheitlicher Herkunft, so entstammte es doch zwei verschiedenen, aufeinanderfolgenden Generationen. Die erste von ihnen (Eimaterial vom Herbst 1930) lag im Klimax einer Gradation mit steigender Tendenz der Bevölkerungsdichte, die zweite (Eimaterial Herbst 1931) im Kulminationspunkt der Kalamität. Dieser Hinweis ist notwendig, da sich in der Folge zeigte, daß die Empfindlichkeit ein- und derselben Stufe gegenüber Temperatur und Luftfeuchtigkeit in verschiedenen Generationen eines Herkunftsortes Schwankungen unterliegen kann.

Die Eisterblichkeitsversuche wurden teils mit Neustadter Material, teils mit solchem aus dem Forstamt Freudenberg durchgeführt. Ersteres diente zur Bestimmung der Mortalität während der Schlüpfperiode, letzteres zu jener während der Embyronal- und herbstlichen Übergangszeit des Eies. Die Forderung nach einheitlicher Herkunft konnte hierbei leider nicht berücksichtigt werden. —

Was die Überwinterung des für Zuchtversuche bestimmten Eimateriales anbetrifft, so erfolgte sie in allen Fällen bei ca. 2°—4° C und relativen Luftfeuchtigkeitsgraden

[1]) Vgl. hierzu auch Zwölfer (68), S. 14.
[2]) Wellenstein (59).

zwischen 80% und 90%. Diese Bedingungen gestatten, das Material ohne Verluste während der Winter- und Vorfrühlingsmonate im Latenzzustand zu erhalten und sein Schlüpfen bis zum Beginn des Fichtenknospentriebes in freier Natur hinauszuzögern. Die zeitliche Übereinstimmung des Schlüpf- und Triebtermins — sie wurde auch im Neustadter und Freudenberger Nonnengebiet festgestellt — ist für ein Gelingen der künstlichen Zucht der Jungraupen von wesentlicher Bedeutung (optimale Ernährungsbedingungen!). Zu früher, aber auch zu später Schlüpfbeginn führt zu Mißerfolgen. —

Über die allgemeine Versuchstechnik ist bereits an anderer Stelle alles Nähere mitgeteilt (Zwölfer [67, 69]). Hier genügt eine kurze Ergänzung jener Ausführungen: Bekanntlich ist *L. monacha* L. außerordentlich polyphag. Die ausführlichste Zusammenstellung ihrer Nährpflanzen gibt Wilke (62). Allgemein gilt Fichte als Hauptnährpflanze (vgl. Komárek [31]). So wurde, um einheitliche Beschaffenheit des Versuchsmateriales zu sichern, zu seiner Vorbehandlung und während der Laufzeit der Versuche ausschließlich Fichte als Futter gewählt.

Zur Temperaturregelung diente durchweg der Münchener Brückenthermostat mit einer Einstellung der Temperaturen auf 4°—38° C. Zur Erhaltung der Luftfeuchtigkeit fanden feuchte Salze in den verbesserten Schalenhygrostaten Verwendung. (Zwölfer [69], Abb. 9 B und C.) Daß diese „künstlichen" Zuchtbedingungen nicht zu einer Schädigung der Versuchstiere führen, wie zuweilen vermutet wird, geht deutlich aus den Zuchtergebnissen hervor: in 6 besonders günstigen Temperatur/Feuchtigkeitskombinationen wurden Puppengewichte und Eizahlen erzielt, die wesentlich höher als bei Freilandmaterial derselben Generation lagen.

Wie schon bei der Kieferneule, so ließ sich auch bei den Jungraupen der Nonne (Larve I und II) die Arbeit des täglichen Futterwechsels in den Hygrostatenschalen durch sinngemäße Ausnutzung ihrer ausgesprochenen Photophilie[1]) erheblich vereinfachen: Liegt das frische Futter im stärker belichteten Schalenteil, so erfolgt automatisch ein fast restloses Abwandern der Jungraupen vom alten zum neuen Futter. In der Regel bleiben nur kränkelnde oder in der Häutungsruhe befindliche Tiere zurück. Im übrigen erhielten Larve I und II als Futter ausschließlich frisch getriebene Fichtenknospen bezw. junge Maitriebe. Ältere Maitriebe, deren Spindel zu verholzen beginnt, sind hierzu ungeeignet. Altnadeln aus dem Vorjahr werden von diesen beiden Stadien verschmäht. Den Larven III bis VI wurden gleichzeitig Maitriebe und Altnadeln vorgesetzt. Auch diese, insbesonders Larve III zogen die Maitriebe den Altnadeln vor. Im Freien zeigen die Altraupen vielfach entgegengesetztes Verhalten (Knoche [29], Wellenstein [59], eigene Beobachtungen), wofür eine Erklärung noch aussteht.

Anhaltspunkte zur Unterscheidung der einzelnen Entwicklungsstufen bot die Kopfkapselbreite der Larven. Insgesamt können bei der Nonne 6 Häutungen auftreten, demnach 7 verschiedene Larvenstufen erscheinen. Die sechste Häutung ist selten.[2]) Unter 20 Stück einzeln vom Ei aus aufgezogener Raupen fand sich nur eine, die eine sechste Häutung durchlief und damit ein siebentes Stadium erreichte.

Als Regel treten vor der Verpuppung teils 4, teils 5 Häutungen, demnach 5 bezw. 6 Larvenstadien auf, was bereits Metzger und Müller (32) richtig angeben. 5 Larvenstufen werden meist von den Männchen, 6 von den Weibchen durchlaufen. Doch besteht

---

[1]) Für die Eiraupe stellte auch Loos (34) ausgesprochene Lichtwendigkeit fest. Für ältere Nonnenraupen gibt Komárek (31) negative Phototropie an. In den vorliegenden Versuchen, die unter diffusem Licht liefen, trat diese bei den älteren Raupen nicht in Erscheinung.

[2]) Ähnlich Knoche (28). Seine Vermutung, daß die 6. Häutung die Folge schädigender hoher Temperaturen ist, trifft für den vorliegenden Fall nicht zu. Die Aufzucht fand hier bei 15°—16° C statt.

bei der Nonne im Gegensatz zu einigen anderen Insekten[1]) kein fester, gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen Häutungszahl und Geschlecht. Dasselbe geht aus Metzgers Beobachtungen hervor. Die Kopfkapselbreite der einzelnen Stadien kann im übrigen insbesonders bei den älteren Stufen erheblich variieren. Das einfache diesbezügliche Schema, wie es Nitsche (27) anführt, trägt dem nicht Rechnung. Genauere Messungen an Hand umfangreichen Freilandmateriales hat Wellenstein (59) durchgeführt. Die folgenden jeweils auf Untersuchung von 20—30 Raupen fußenden Minimum- und Maximumwerte beziehen sich auf Material, das unter Laboratoriumsbedingungen aufgezogen wurde. Erwähnt sei in diesem Zusammenhang, daß durch extreme Bedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit, Nahrung) Änderungen der Kopfkapselbreite erzielt werden können. Es liegt die Kopfkapselbreite von

Larve I (Eiraupe)	zwischen	0,54—0,66 mm
Larve II (Einhäuter)	zwischen	0,96—1,20 mm
Larve III (Zweihäuter)	zwischen	1,26—1,80 mm
Larve IV (Dreihäuter)	zwischen	1,98—2,70 mm
Larve V (Vierhäuter)	zwischen	2,64—3,96 mm
Larve VI (Fünfhäuter)	zwischen	3,72—4,92 mm

Von Larve III ab verwischen sich demnach die Unterschiede und Überschneidungen der Variationsbreite kommen vor. In solchen Zweifelsfällen ist im Versuch das Auftreten von Exhuvien und die frischere Färbung sowie Behaarung der Raupen kurz nach der Häutung entscheidend.

Die Auswertung der Versuchsergebnisse geschah mit Hilfe des Logarithmenschiebers, der hinreichende Genauigkeit gewährleistet. Bei ihrer Darstellung wurde von den früher für die Kieferneule benutzen Mortalitätsdiagrammen, die an Bodenheimers (6, 7) Methode anknüpfen, abgewichen. Von der Überlegung ausgehend, daß die Mortalitätsdiagramme in Wirklichkeit Horizontalprojektionen dreidimensionaler Gebilde sind[2]), ist diesmal zur Bestimmung der Grenzlinien gleicher Mortalität ein graphisches Interpolationsverfahren gewählt worden, das im Prinzip schon Shelford (50, 51a) anwandte. Durch weiteren Ausbau dieses Verfahrens, auf dessen ausführliche Mitteilung hier verzichtet werden muß, war die Auffindung einer größeren Anzahl von Hilfspunkten zur Konstruktion der Mortalitätsgrenzen möglich, was eine zuverlässigere Linienführung erlaubt. —

Fehlerquellen: Es wurde oben bereits auf einige Punkte der Versuchstechnik verwiesen, deren Nichtbeachtung zu Fehlresultaten führen kann: einheitliche Herkunft des Versuchsmateriales und einheitliche Vorbehandlung, vergleichbare Generation, optimale Futterbeschaffenheit (wobei besonders bei jüngeren Larvenstadien auf das zeitliche Korrespondieren mit bestimmten Entwicklungsstufen der Nährpflanze geachtet werden muß). Die Möglichkeit der Änderung der Salzkonzentration und damit der relativen Luftfeuchtigkeit in den Versuchsgefäßen ist bereits bei früherer Gelegenheit als Fehlerquelle genannt worden. Im folgenden seien noch einige Erfahrungen mitgeteilt, die sich im Laufe der Nonnenuntersuchung einstellten, und deren Beachtung zur Vermeidung von Fehlresultaten notwendig ist:

1. Die Einzelversuche einer Serie, ebenso als Kontrolle geplante Wiederholungen, sind möglichst gleichzeitig anzusetzen. Dies ist namentlich beim Arbeiten mit jüngeren Entwicklungsstufen von Bedeutung. Wird beispielsweise die Wiederholung eines Versuches 14 Tage später angesetzt als der zu kontrollierende, so ist durch den inzwischen eingetretenen Fortschritt der Entwicklung der Nährpflanze in freier Natur die gleiche Futterbeschaffenheit in beiden Versuchen nicht mehr gesichert.

2. Selbst bei sorgfältigster Behandlung des Versuchsmateriales ist gelegentlich ein Entschlüpfen einzelner Tiere oder deren Beschädigung durch Druck usw. nicht ganz ver-

[1]) So *Lophyrus pini* L. (vgl. Eliescu [16]).
[2]) Vgl. Zwölfer (68), S. 12, 13.

meidbar. Wird für jeden Versuch ein besonderes Karteiblatt geführt, so ist bei der täglichen Versuchskontrolle der künstlich verursachte Abgang zu notieren und späterhin bei der Schlußabrechnung vom Ausgangsmaterial in Abzug zu bringen. Neben den jeweils geschlüpften oder frisch gehäuteten Individuen sind auch die infolge physiologischer Ursachen abgestorbenen bei der Entfernung zu notieren, um beim Versuchsabschluß eine Kontrollmöglichkeit zu haben.

3. Aus technischen Gründen ist eine gewisse Übervölkerung in den Schalen der Einzelversuche kaum vermeidbar. Dadurch sind für das Auftreten und Umsichgreifen von Infektionskrankheiten (Polyederseuchen, Mykosen, Bakteriosen) Bedingungen geschaffen wie sie in freier Natur normalerweise nicht vorkommen. Will man die unmittelbar durch die physikalischen Umweltbedingungen im Versuch erzielte Mortalität berechnen, so müssen natürlich die an Krankheiten zugrunde gegangenen Tiere vom Ausgangsmaterial abgezogen werden. Bei einiger Übung sind sie schon an äußeren Symptomen leicht von solchen zu unterscheiden, bei denen physiologische Störungen des Wasserhaushaltes — und hierauf dürfte die Wirkung schädlicher Temperatur-Feuchtigkeitskombinationen beruhen — die Todesursache bildeten. Der Leibeshöhleninhalt der ersteren erscheint bei frisch abgestorbenen verjaucht; ihr Kadaver ist mehr oder minder aufgetrieben und die Segmente sind auseinandergezogen. Auch das „wie gebrochen" Herabhängen von der Decke oder den Wandungen des Versuchsgefäßes kann als Anhaltspunkt dienen. Demgegenüber sind Raupen, von denen angenommen werden muß, daß sie primär an physiologischen Störungen zugrunde gingen, als Kadaver mumienartig eingeschrumpft. Ihr Körper erscheint stark kontrahiert, ihre Segmente zusammengezogen. Bei Mykosen ist der Unterschied weniger deutlich. Im Zweifelsfalle hat die mikroskopische Diagnose über die Todesursache zu entscheiden. —

Das Vermehrungspotential.

Neben der Sterblichkeit der verschiedenen Entwicklungsstufen einer Art unter bestimmten Umwelteinflüssen ist die Kenntnis der entsprechenden Abhängigkeit ihres Vermehrungspotentiales für das Verständnis der Bevölkerungswachstumsvorgänge von Bedeutung. Bekanntlich läßt es sich als der „Fortpflanzungswert eines Imaginalindividuums" (in einer Generation) definieren.[1]) Quantitativ kommt es im Produkt aus Durchschnittseizahl und Sexualindex der Art zum Ausdruck.[2]) Eine Untersuchung, die sich mit den Wirkungen bestimmter Umweltfaktoren auf die Bevölkerungsbewegungen einer Art befaßt, hat demnach auch die Abhängigkeit der Durchschnittseizahl und des Sexualindex von den fraglichen Faktoren zu berücksichtigen.

Daß die meisten in der Literatur vorliegenden Angaben über Ei- oder Nachkommenzahlen nur relative Werte darstellen, ist schon mehrfach und von verschiedenen Seiten geäußert worden. Für den Sexualindex gilt dasselbe. Seltsamerweise wird er vielfach stillschweigend übergangen, ob-

[1]) Vgl. Martini (35), Zwölfer (68).

[2]) Formelmäßig geschrieben $\varepsilon = e \cdot \frac{f}{m+f}$, wo e die Durchschnittseizahl, der Bruch $\frac{f}{m+f}$ der Sexualindex ist, welcher den Anteil der Weibchen an einer gegebenen Population ausdrückt.

schon ihm nicht nur für bevölkerungstheoretische Betrachtungen, sondern auch für praktische Prognosezwecke ebensolche Bedeutung zukommt wie der Eizahl.[1])

So gibt Ratzeburg (39) für die Nonne als Durchschnittseizahl eines Weibchens 150 an, Nitsche (27) nennt als Höchstzahl 265, Trägårdh (55) spricht von 250 Eiern je Weibchen, Eckstein (13, 14) von 50—100, Wolff (63) nennt als Durchschnitt 150 (Max. 283), Wolff und Krauße (65) 150 (Max. 460 Stück?!), Boas (4) nennt „über 250", Barbey (3) 20—100, Nüßlin-Rhumbler (37) „etwa 260" als Eizahl. Bei Sprengels (52) Untersuchungen lagen die Zahlen legereifer Eier 24 Stunden alter Weibchen zwischen 124—233, bei Eidmanns (15) entsprechenden Studien zwischen 130—170 Stück. Komárek (31) nennt 100 als „maximalen Vermehrungskoeffizienten", Knoche (29) nennt eine Maximaleizahl von „über 300". Die erheblichen Unterschiede dieser Werte belegen das oben über die Relativität derartiger Angaben Gesagte aufs beste.

Bezüglich des Sexualindex bezw. des Geschlechterverhältnisses der Nonne enthält die Literatur nur spärliche Zahlenangaben: Pauly (38) bemerkt, daß bei der Oberbayerischen Massenvermehrung in den neunziger Jahren rund 70% Männchen und 30% Weibchen unter den Faltern vertreten waren. Auf Grund der langjährigen württembergischen Sammelergebnisse erwähnt Knoche (30), daß die Zahl der Männchen jene der Weibchen in der Regel um das drei- bis fünffache übertrifft. 1929 war eine starke Zunahme der Weibchen feststellbar, die stellenweise zu einem Überwiegen der Weibchen führte. Daß Schwankungen des Geschlechterverhältnisses vorkommen, hat Knoche richtig erkannt. Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß bei der Nonne eine gewisse Protandrie besteht. Freilandbeobachtungen, die sich nicht über die gesamte Flugzeit erstrecken, sind daher vorsichtig zu beurteilen.

Im folgenden wird versucht, an Hand der experimentellen Befunde für die Nonne eine Relation zwischen Durchschnittseizahl, Sexualindex und dem Klimafaktor Temperatur-Luftfeuchtigkeit nachzuweisen, des weiteren einen Näherungswert für ihr „absolutes Vermehrungspotential"[2]) zu ermitteln. Letzteres tritt im Optimum aller maßgebenden Bedingungen (Klima, Nahrung) in Erscheinung. Die Kenntnis derartiger Beziehungen zwischen Klima und Vermehrungspotential gibt Anhaltspunkte zur Beurteilung „pränataler" Partialwiderstände.[3])

Für Untersuchungen dieser Art liegen bei *Lymantria monacha* L. die Voraussetzungen relativ einfach. Bekanntlich nimmt sie als Imago keinerlei Nahrung auf. Der Einfluß von Umweltfaktoren auf Eizahl und Sexualindex wird daher bei ihr am deutlichsten in Erscheinung treten, wenn dieselben während der voraufgehenden Larvenperiode wirksam sind. Namentlich die Zeit der älteren Raupenstadien, in welcher die Reserven für die Entwicklung der künftigen Geschlechtsprodukte hauptsächlich gespeichert werden, dürfte in dieser Hinsicht besondere Bedeutung besitzen.

---

[1]) In der Regel pflegt man in solchen Fällen ein Geschlechterverhältnis ♂♂ : ♀♀ = 1 : 1 (= Sexualindex 0,5) anzunehmen, was dem vererbungstheoretischen Idealfall des sogenannten „mechanischen Geschlechterverhältnisses" entspricht. Die Wirklichkeit weicht häufig von ihm ab. Schon scheinbar geringfügige Änderungen aber können eine Prognose erheblich beeinflussen.

[2]) Vgl. Martini (35), Zwölfer (67, 68).

[3]) In dieser Bedeutung ist der Ausdruck „pränatal" erstmals von Herrn Prof Dr. Bodenheimer mir gegenüber gesprächsweise benutzt worden.

Werden somit während der Aufzucht im Experiment optimale Ernährungsbedingungen geboten, Temperatur und Feuchtigkeit hingegen variiert, so ist zu erwarten, daß deren Einfluß sich in einer gesetzmäßigen Änderung zunächst der Eizahl der erhaltenen Weibchen bemerkbar macht. Da auch das Puppengewicht durch die im Raupenleben gespeicherten Stoffe bestimmt wird, müssen auch in ihm derartige Einflüsse zum Ausdruck kommen. Letzteres ist als quantitativer Ausdruck zur Beurteilung der ♂♂ wichtig. Endlich gibt das im Puppen- und Imaginalstadium leicht feststellbare Geschlechterverhältnis unter solchen Bedingungen aufgezogener Versuchstiere Aufschluß über eine etwaige Beeinflussung des Sexualindex durch die genannten Faktoren.

Daß eine Behandlung lediglich der Puppe durch verschiedene Temperaturen usw. die Gesamtzahl der späterhin erzeugten Eier kaum wesentlich beeinflussen wird, ist hiernach verständlich. Für die Kieferneule, die in dieser Hinsicht ähnliche Verhältnisse wie die Nonne aufweist, wurde es bei früherer Gelegenheit experimentell nachgewiesen (Zwölfer [67]).

Von obigen Überlegungen ausgehend wurden die Zuchtversuche bei insgesamt 8 Temperaturstufen zwischen 8° und 31° C und Luftfeuchtigkeitsgraden zwischen 50 bis 100% ausgeführt. Die Temperaturen wurden im übrigen nicht konstant gehalten, sondern variierten in Abständen von 8—10 Tagen, um die in den Diagrammen genannten Mittelwerte zwischen Extremen von ca. 4° C. Von den 8 Temperaturstufen lieferten nur die Versuche aus 6 Stufen (11°—28° C) Puppen und Falter. In den extremen Abteilungen (8° und 31° C) starben die Zuchten bereits im Raupenstadium früher oder später aus. Auch bei den übrigen Versuchen lag die Gesamtsterblichkeit verhältnismäßig hoch (zwischen 85—93%) und in allen Fällen innerhalb derselben Größenordnung.[1]) Da sich bei den Zuchten zwischen 50—100% relativer Luftfeuchtigkeit weder im Puppengewicht noch in der Eizahl bemerkenswerte Unterschiede ergaben,[2]) so sind im folgenden die Versuchsergebnisse für diese Feuchtigkeitsgrade, soweit sie ein und derselben Temperaturstufe angehörten, der Einfachheit wegen zusammengefaßt.

Die Bestimmung der Zahl von einem Weibchen insgesamt produzierter legereifer Eier geschah durch Sektion des Abdomens nach Eintritt ihres physiologischen Alterstodes. Die während ihres Lebens abgelegten wurden zu den im Abdomen verbliebenen hinzugezählt. Die Summe ist die Gesamtproduktion legereifer Eier. Wegen morphologischer Einzelheiten sei hier nur auf die Arbeiten von Sprengel (52) und Eidmann (15) verwiesen, die alle erforderlichen Details enthalten.

Wenn eine derartige Versuchsanordnung auch über etwaige Beziehungen zwischen Eizahl-Sexualindex und Temperatur-Luftfeuchtigkeit Aufschluß zu geben verspricht, so gilt dies nicht ohne weiteres für das „absolute Vermehrungspotential". Seiner Definition zufolge würde dies eine Aufzucht sämtlicher der Imago vorausgehender Entwicklungsstufen unter deren jeweils optimalen Lebensbedingungen erfordern, also mindestens optimalen Temperatur-Feuchtigkeits-Nahrungsfaktor voraussetzen. Der Versuch auf experimentellem Wege die absolute Eizahl und den absoluten Sexual-

[1]) Auf die Deutung dieser Erscheinung wird in einer späteren Veröffentlichung eingegangen werden.

[2]) Möglicherweise treten beim Arbeiten mit größeren Materialmengen — im vorliegenden Fall standen als Zuchtergebnis insgesamt 141 Puppen und 47 Falter zur Verfügung — auch hier Gesetzmäßigkeiten in Erscheinung.

index zu ermitteln, setzt somit die Kenntnis des „vitalen Optimums“ [1]) jeder einzelnen Stufe bereits voraus. Da die Arbeiten zur Bestimmung dieses Bereiches aus technischen Gründen gleichzeitig laufen mußten, konnte in obiger Versuchsanordnung ihre systematische Berücksichtigung noch nicht erfolgen. Indessen zeigte sich späterhin, daß in einem Teil der Versuchsserie die für die Speicherung der Reserven bedeutungsvollen älteren Raupenstadien unter annähernd optimalen Bedingungen [2]) aufgewachsen waren. Die bezüglich der Durchschnittseizahl bei diesen erzielten Ergebnisse dürften voraussichtlich brauchbare Näherungswerte für das absolute Vermehrungspotential bilden.

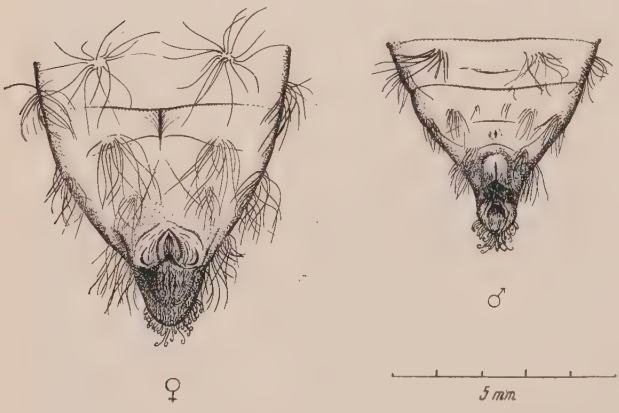


Abb. 1. Weibliches und männliches Puppenende (ventral) von *L. monacha* L.

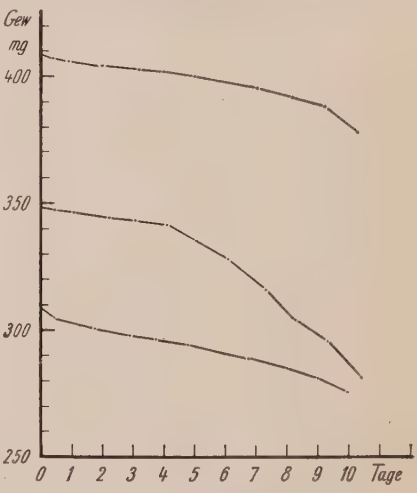


Abb. 2. Gewichtsabnahme weiblicher Puppen im Laufe ihrer Entwicklung.

Weibliches und männliches Puppengewicht: Es lag nahe, als quantitativen, für beide Geschlechter gültigen Ausdruck der Wirkung verschiedener Temperatur-Feuchtigkeits-Kombinationen im Raupenleben das resultierende Puppengewicht heranzuziehen. [3]) Unter Zuhilfenahme einer Analysenwaage (0,1 mg Genauigkeit) war seine Bestimmung mit größter Genauigkeit möglich. Zwar ändert es sich im Verlauf des Puppenlebens in gewissem Umfang, was auch von anderen Arten bereits bekannt ist. [4]) Wird indessen das Puppengewicht zu gleichem Zeitpunkt — am zweckmäßigsten unmittelbar nach der Verpuppung — ermittelt, so sind die er-

[1]) Hier im Sinne der früher gegebenen Definition (Zwölfer [67]), die gegenüber der Bodenheimerschen (6, 8) eingeschränkt ist.

[2]) Die Frage, ob rhythmisch variierende Temperatur-Feuchtigkeits-Bedingungen andere Werte der vitalen Optima liefern, bleibt späteren Untersuchungen zu klären vorbehalten.

[3]) Die Flügelspannweite der Falter zu diesem Zweck zu benutzen, war in vorliegendem Fall unzweckmäßig: infolge des Schlüpfens der Falter in engen Versuchsgefäßen ließ ihre Flügelentfaltung vielfach zu wünschen übrig. So hätte die Messung der Spannweite keine zuverlässigen Werte gegeben.

[4]) Bock (5), Bodenheimer (9) und andere.

haltenen Zahlenwerte untereinander vergleichbar. Die Bestimmung des Geschlechtes der Nonnenpuppe an Hand der Ausbildung ihres Abdominalendes (Abb. 1) bereitet im übrigen keinerlei Schwierigkeiten.

Über den Gewichtsverlust im Laufe des Puppenlebens der Nonne (bei 18° C und 92% relativer Luftfeuchtigkeit) gibt das Diagramm, Abb. 2, Aufschluß. Es zeigt den Gang der Gewichtsabnahme von drei weiblichen Puppenindividuen auf Grund täglicher Wägungen. Die erste Wägung wurde unmittelbar am Tage der Verpuppung, die letzte am Tage des Schlüpfens vorgenommen. Die Verluste zwischen Anfangs- und Endgewicht betragen 7%, 11% und 19%, im Mittel 12%. Der Kurvenverlauf läßt erkennen, daß unter gleichen Außenbedingungen der Gewichtsverlust in der zweiten Hälfte des Puppenlebens größer ist als im ersten Teil. Ein Parallelversuch mit einer männlichen Puppe unter denselben Bedingungen verlief infolge Absterbens derselben ergebnislos. —

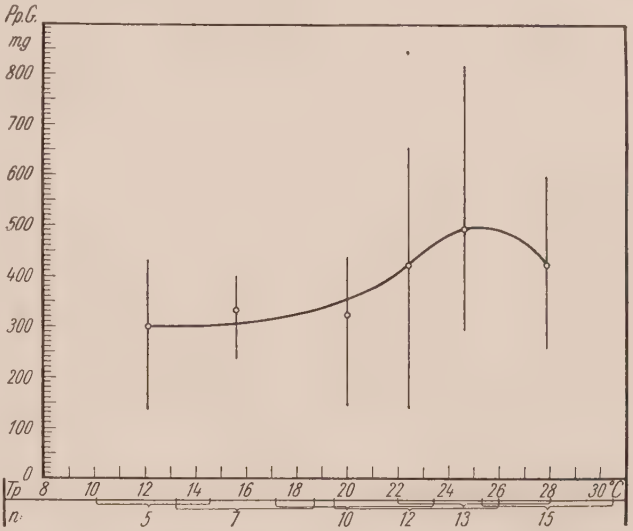


Abb. 3. Weibliches Puppengewicht bei Aufzucht der Raupen unter verschiedenen Temperaturen (und bei relativer Luftfeuchtigkeit von 50—100%). (Variationsbreite und Mittelwerte.)

Das Resultat der Gewichtsbestimmung der Puppen aus den Zuchten unter verschiedenen Temperaturstufen (50—100% relative Luftfeuchtigkeit) ist im Diagramm, Abb. 3 und 4, niedergelegt. Es enthält Mittelwert, Variationsbreite und die Extreme der Temperatur-Schwankungen in den verschiedenen Temperaturstufen (Schnabelklammer). Die Horizontalreihe (n) gibt über die Anzahl der Versuchstiere Aufschluß.

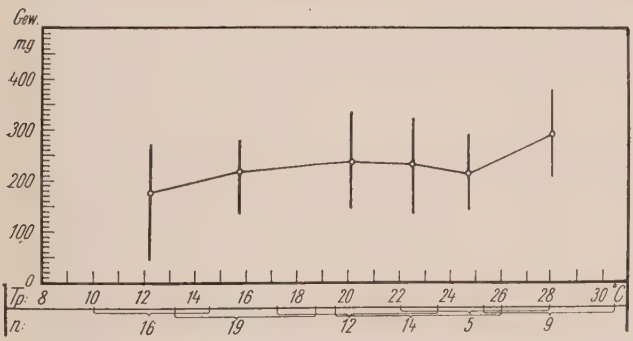


Abb. 4. Männliches Puppengewicht bei Aufzucht der Raupen unter verschiedenen Temperaturen (und bei relativer Luftfeuchtigkeit von 50—100%). (Variationsbreite und Mittelwerte.)

Was zunächst die Gewichte der weiblichen Puppen dieser Versuchsreihe anbetrifft (Abb. 3), so folgen ihre Mittelwerte wie auch ihre Variationsbreite zwanglos einer Kurve, die mit zunehmender Temperatur zunächst

langsam, von 20° C ab stärker ansteigt, um bei ca. 25° C und 500 mg mittlerem Puppengewicht ihren Maximalwert zu erreichen. Bei höheren Temperaturen sinkt das Gewicht wieder ab. Die Temperaturwerte um 25° C verbunden mit Luftfeuchtigkeitsgraden von 50—100% wären demnach für die Raupenstadien, von denen wir annehmen müssen, daß ihre Nahrungsaufnahme über das künftige Puppengewicht entscheidet, optimale Voraussetzungen zur Erreichung des höchsten Puppengewichtes. Dieser Temperatur-Feuchtigkeitsbereich liegt übrigens — worauf hier vorwegnehmend hingewiesen sei — innerhalb des vitalen Optimums der Stadien III—VI. Er entspricht also jenen Voraussetzungen, unter denen diese Stufen die größte Überlebenswahrscheinlichkeit bezw. die geringste Mortalität aufweisen. Das höchste der individuellen Puppengewichte von 819 mg liegt unter diesen optimalen Bedingungen, das niederste mit 134 mg trat unter Temperaturen von 12,1° C auf.

Weniger klar liegen die Verhältnisse für die Gewichte der männlichen Puppen (Abb. 4). Immerhin zeigen auch hier Mittelwerte und Variationsbreite mit steigender Temperatur zunehmende Tendenz. Die Beziehung erinnert an eine lineare Funktion. Ob die Abnahme der Mittelwerte bei etwa 25° C zufällig oder gesetzmäßig ist, läßt sich nicht entscheiden. Da gerade in dieser Versuchsserie die Zahl der männlichen Puppen mit $n = 5$ gering blieb, ist ersteres zu vermuten. Stets sind die Mittelgewichte der männlichen Puppen erheblich niederer als jene der weiblichen. Von der Puppengröße gilt dasselbe. Meist ist schon hieran die männliche von der weiblichen Puppe unterscheidbar.

Alles in allem ist hiernach anzunehmen, daß Nahrungsaufnahme oder Nahrungsresorption der Raupen von *L. monacha* L. — vielleicht auch beides zusammen — unter höheren Temperaturen günstiger verlaufen als unter niederen.[1]) —

Zum Vergleich seien schließlich noch Puppengewichte von Freilandmaterial mitgeteilt, das aus dem Forstamt Neustadt und der Generation 1931 stammte, also denselben Ursprung wie das Versuchsmaterial hatte — im Gegensatz zu diesem aber unter natürlichen Bedingungen aufgewachsen war. Es betrug das Mittelgewicht von 38 weiblichen Puppen 346 mg (Min.: 218, Max.: 511), von 5 männlichen Puppen 221 mg (Min.: 171, Max.: 270). Diese Werte liegen insbesonders für die weiblichen Puppen wesentlich tiefer als die im Experiment erzielten optimalen Mittelwerte von 500 bezw. 293 mg. Die Feststellung wird durch den Umstand kaum beeinträchtigt, daß das Material des Experimentes unmittelbar nach vollzogener Verpuppung, jenes aus dem Freiland hingegen erst einige Zeit nach Abschluß der Verpuppung gewogen wurde: selbst bei Berücksichtigung des oben mitgeteilten Gewichtsverlustus während des Puppenlebens

[1]) Zur Bestätigung dieser Annahme sind weitere Untersuchungen über Nahrungs-Kotmenge und Stoffwechselquotient der Nonne bei verschiedenen Temperaturen erforderlich.

bleiben noch erhebliche Differenzen zwischen den Freiland- und den optimalen Versuchsmittelwerten bestehen. Im übrigen entsprechen die Mittelwerte der Freilandpuppen denjenigen experimentellen Werten, wie sie zufolge des Kurvenverlaufes bei Temperaturen unter ca. 16°—20° C erhalten werden. In der Tat ergaben Wellensteins (59) kleinklimatische Messungen am Ursprungsort des Freilandpuppenmaterials während der fraglichen Raupenzeit (Larve IV—VI) Temperaturmittelwerte dieser Größenordnung: Sie lagen zwischen 14° bis 23° C, im Mittel bei 16,1° C.

Daß Temperaturen die Quantität des Insektenwachstums beeinflussen können, ist nicht neu. Standfuß (53) erhielt bei Aufzucht der Raupen von *Dendrolinus pini* L. bei erhöhter Temperatur größere Falter, während die Aufzucht der Raupen von *Lasiocampa quercifolia* L. unter diesen Bedingungen zum entgegengesetzten Ergebnis führte. Auch die Erscheinung, daß die „meisten Insekten ein und derselben Art in südlichen Gegenden größer als in nördlichen sind", während einige Arten sich umgekehrt verhalten, dürfte vielleicht mit Temperaturwirkungen zusammenhängen. Bachmetjew (2) hat eine Fülle von Einzelbeobachtungen hierfür zusammengestellt. — Titschack (54a) kam auf Grund sorgfältiger Untersuchungen an der Kleidermotte (*Tineola biselliella* Hum.) zum Ergebnis, daß die Aufzucht der Larven dieser Art unter verschiedenen Temperaturen bei niederen Wärmegraden (15°—20°) schwerere Falter liefert als bei höheren (25°—30°). Er wies ferner nach, daß bei ihr Nahrungsaufnahme bezw. Nahrungsresorption in den niederen Temperaturstufen größer als in den höheren ist. Auf Grund meiner Ergebnisse glaube ich nicht, daß man das Verhalten der Kleidermotte ohne weiteres verallgemeinern kann: es dürfte Arten geben, die mehr durch niedere, andere, die mehr durch höhere Temperaturen in der Quantität ihres Wachstums gefördert werden (vgl. das Standfusssche Ergebnis).

Eizahl: Die graphische Darstellung der von den Weibchen der Versuchsreihe erzeugten legereifen Eier (Abb. 5) führt zu einem dem weiblichen Puppengewichtsdiagramm analogen Bild. Auch hier zeigen die Kurven der Mittelwerte und die der Variationsbreiten[1]) mit zunehmender Temperatur ein erst langsames, dann stärkeres Ansteigen, um bei ca. 25° C mit rund 150 Eiern als Mittelwert ein Maximum zu erreichen, und bei höheren Temperaturen wieder abzusinken. Nach allem Vorhergesagten ist damit die Zahl 150 als Näherungswert der absoluten Eizahl der Nonne anzusehen.

Das über den optimalen Temperaturbereich zur Erlangung des höchsten Puppengewichtes mitgeteilte, gilt demnach auch für die Eiproduktion: Temperaturen um 25° C verbunden mit Feuchtigkeitsgraden zwischen 50—100%, die auf die Raupenstadien einwirken, führen zu höchsten Mittelwerten der Eizahlen und damit zu Höchstwerten der Eiproduktion eine Population. Die individuelle Maximaleizahl von 295 Stück eines Weibchens lag ebenfalls in diesem Temperaturbereich.

Auffallend ist die große Variationsbreite der Eizahlen bei den verschiedenen Temperaturen, die jene der weiblichen Puppengewichte erheb-

[1]) In Abb. 5 ist nur die Freihandkurve der Mittelwerte eingezeichnet. Die Schnabelklammern in ihr bezeichnen die Extreme der Temperaturschwankungen in den einzelnen Stufen.

lich übertrifft. Sie zeigt, daß Angaben über die Eizahl der Nonne nur dann Sinn haben, wenn sie auf Untersuchung einer entsprechend großen Individuenmenge fußen. Untersuchungen an Einzeltieren haben hier zur Auffindung von Gesetzmäßigkeiten nur beschränkten Wert.

Was die Produktion legereifer Eier von Freilandfaltermaterial anbetrifft, so ergab das oben erwähnte Neustadter Puppenmaterial 19 Weibchen, die eine mittlere Produktion an legereifen Eiern von 88 Stück aufwiesen (Minimum 25, Maximum 143). Wie schon beim weiblichen Puppengewicht festgestellt wurde, so liegt auch dieser Wert wesentlich tiefer als der im Experiment erzielte optimale Mittelwert der Eiproduktion. —

Daß durch Temperaturen die Gesamteiproduktion bei Insekten beeinflußt werden kann, ist für andere Objekte schon nachgewiesen. H. Schulze (44) hat derartige Untersuchungen bei der Chalcidide *Trichogramma evanescens* Westw. durchgeführt. Bei ihren Versuchen wirkte allerdings die Temperatur nur im Imaginalleben, in welchem *T. evanescens* eine Art Reifungsfraß durchzuführen scheint. Demgegenüber zeigen die vorliegenden Befunde, daß schon der Einfluß von Temperaturen während des Larvenstadiums die künftige Eiproduktion der Imago wesentlich zu beeinflussen vermag, zum mindestens bei Arten, die auf dieser Stufe keinen Reifungsfraß ausführen.

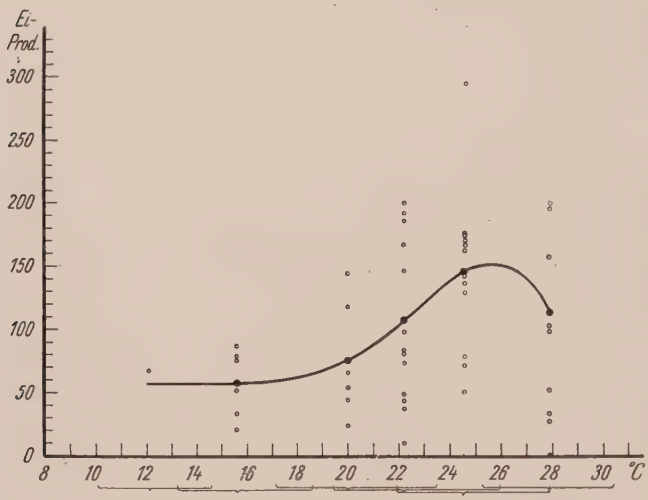


Abb. 5. Produktion legereifer Eier von Nonnenweibchen bei Aufzucht der Raupen unter verschiedenen Temperaturen (und bei relativer Luftfeuchtigkeit von 50—100 %).

Sexualindex: Die Untersuchung des Geschlechterverhältnisses, wie es in den Zuchten unter verschiedenen Temperaturstufen als Endergebnis auftrat, ergab auffallende Zahlenunterschiede. Bei der relativ geringen Individuenmenge, die als Puppe und Imago im ganzen zur Verfügung stand, war hier zunächst an ein Zufallsergebnis zu denken. Die graphische Behandlung der ermittelten Daten, die eine zwanglose Verknüpfung der 6 empirischen Werte durch eine Freihandkurve zuläßt, zeigte indessen, daß eine gesetzmäßige Beziehung zwischen Temperaturwirkung und Sexualindex bestehen muß.

Abb. 6 läßt diese Relation erkennen. Bei der Neuartigkeit des Befundes seien in der folgenden Tabelle auch die empirischen Werte mitgeteilt. Sie umfaßt sowohl das Geschlechtsverhältnis, wie es sich an Hand der Puppenuntersuchung ergab, als auch jenes wie es im Imaginalstadium auftrat. Die Zahlen zeigen, daß zwischen Puppe und Imago teil-

Temperatur ° C		14,6		18,7		23,5		26,0		28,0		30,5		Rel. Luftfeuchtigkeit
	Maximum													
	Mittel	12,1		15,6		20,0		22,4		24,6		27,9		
	Minimum	10,1		13,2		17,2		19 5		22.0		25,3		
		♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	
Geschlechtsverhältnis als Puppe	n =	16	6	19	7	12	8	12	15	5	12	9	16	50–100 %
	%	73 %	27 %	73 %	27 %	60 %	40 %	44 %	56 %	29 %	71 %	36 %	64 %	
	Sexualindex	0,3		0,3		0,4		0,6		0,7		0,6		
Geschlechtsverhältnis als Imago	n =	5	1	14	7	10	8	12	15	3	12	9	15	50–100 %
	%	83 %	17 %	67 %	33 %	56 %	44 %	44 %	56 %	20 %	80 %	37 %	63 %	
	Sexualindex	0,2		0,3		0,4		0,6		0,8		0,6		

weise eine weitere Verschiebung des Verhältnisses eintritt, die für das Verständnis der Erscheinung von Bedeutung wird.

Die Indexkurve zeigt mit zunehmender Temperatur ein zunächst stetiges, von etwa 18—20 ° C ab stärkeres Ansteigen der Werte des Sexualindex bezw. des weiblichen %-Anteils, um bei ungefähr 25 ° C mit dem Index 0,8 bezw. 80 % Weibchen einen Maximalpunkt zu erreichen. Bei strenger Anlehnung des Kurvenverlaufes an die empirischen Werte erfolgt für höhere Temperaturen wiederum ein Absinken der Werte des Sexualindex. Ob dieser Abfall ebenfalls gesetzmäßig ist, sei dahingestellt. Da er nur auf einem Versuchsergebnis basiert, ist hier eine Zufälligkeit möglich. Spätere Untersuchungen werden darüber Klarheit zu schaffen haben. Auffallend bleibt jedenfalls, daß auch die Kurven der Eiproduktion und des weiblichen Puppengewichts, obwohl sie keinen unmittelbaren Zusammenhang mit der Sexualindexkurve besitzen, den nämlichen Abfall für höhere Temperaturen aufweisen und ihr Maximum ebenfalls zwischen 24 °—26 ° C erreichen. (Die Kurve des männlichen %-Anteils stellt naturgemäß nur eine spiegelbildliche Umkehr der weiblichen %-Kurve vor. Ihre besondere Darstellung erübrigt sich damit.)

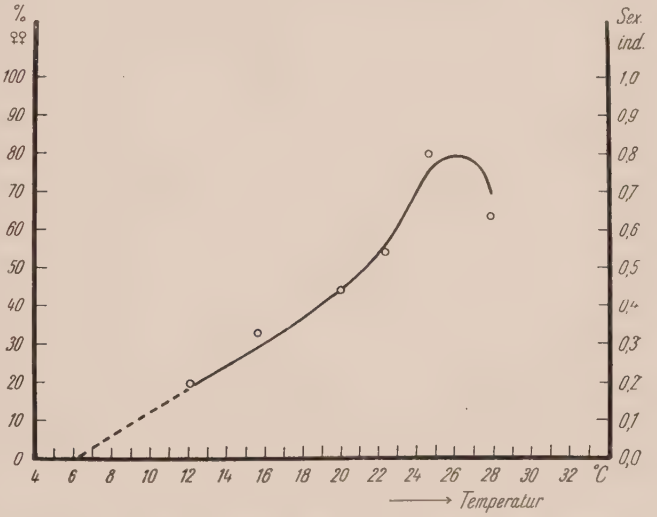


Abb. 6. Prozentanteil weiblicher Falter bezw. Sexualindex bei Aufzucht der Raupen unter verschiedenen Temperaturen (und bei relativer Luftfeuchtigkeit von 50—100 %).

Noch auf eine weitere Eigentümlichkeit sei kurz verwiesen: Der Beginn der Indexkurve (Abb. 6), wie sie auf Grund der Befunde im Imaginalstadium dargestellt wurde, ist stetig und erinnert an lineare Funktionen. Die Verlängerung einer entsprechenden Geraden bis zum Schnitt mit der Temperaturachse trifft diese bei ungefähr 6°—7° C, einer Temperatur, die dem unteren Temperaturschwellenwert der Entwicklung der Nonne (dem sogenannten „Entwicklungsnullpunkt") gleichkommt.[1]) Es mag auch hier ein Zufall vorliegen. Immerhin verdient die Erscheinung bei künftiger Nachprüfung besondere Beachtung. Läßt sie sich an Hand größeren Versuchsmaterials bestätigen, so würde das in letzter Konsequenz bedeuten, daß der weibliche Anteil einer Nonnenbevölkerung und damit das Vermehrungspotential gegen den Entwicklungsnullpunkt zu sich dem o-Wert nähert (vgl. auch Abb. 7). —

Wie erklärt sich diese Temperaturwirkung auf das Geschlechterverhältnis der Nonne? — Die Befunde der Vererbungsforschung lehren, daß überall wo der XX, XY-Mechanismus das Geschlechterverhältnis bedingt im Idealfall das „mechanische Geschlechterverhältnis" von 50 % ♂♂ und 50 % ♀♀ auftritt und daß unter derselben Voraussetzung das künftige Geschlecht im Augenblick der Befruchtung eines Eies bestimmt wird. Es liegt kein Grund vor, anzunehmen, daß *Lymantria monacha* L. hiervon eine Ausnahme bildet, zumal durch Untersuchungen von Seiler (47, 48) und Goldschmidt (21, 22) für diese Art im besonderen das Bestehen des XX, XY-Mechanismus wahrscheinlich gemacht worden ist.[2])

Danach muß angenommen werden, daß das im übrigen bezüglich seiner Herkunft einheitliche Ausgangseimaterial obiger Versuche ursprünglich zu gleichen Teilen aus männlichen und weiblichen Individuen bestand.

Nun sind besonders durch Goldschmidt (22) und seine Schule aus den verschiedensten Gruppen des Tierreiches zahlreiche Fälle einer nachträglichen Umkehr des Geschlechtes durch Bildung sexueller Zwischenstufen (sogenannter „Intersexe") bekannt geworden. Erfolgt diese Umkehr in größerem Umfang und mit größter Intensität (frühzeitiger „Drehpunkt"), so kann Verschiebung des Geschlechterverhältnisses eintreten. Indessen kommt Intersexualität im vorliegenden Falle zur Erklärung des Phänomens kaum in Frage. Keine ihrer bisher bekannt gewordenen Formen (zygotische,

---

[1]) Genau genommen handelt es sich hier um den „a"-Wert Shelfords (50, 51). Weitere Einzelheiten über den unteren Temperaturschwellenwert bei der Nonne werden in einer späteren Arbeit mitgeteilt.

[2]) Wenigstens legt Goldschmidt (22) S. 18 die Befunde von Seiler (47) und Seiler und Haniel (48), sowie seine eigenen (21) in diesem Sinne aus. Seiler selbst äußert in seiner ersten Arbeit (47), daß *monacha* „sehr wahrscheinlich Geschlechtschromosomen besitzt". Später (48) kommt er zum Schluß „daß eine nachweisliche Digametie bei *L. monacha* nicht vorhanden ist".

hormonale, phänotypische)[1]) läßt sich auf ihn übertragen. Zudem gelangten intersexuelle Individuen nicht zur Beobachtung.[2])

So läßt sich hier die Verschiebung des Geschlechterverhältnisses zwanglos nur durch verschieden große Sterblichkeit männlicher und weiblicher Raupen erklären. Dies steht im Einklang mit der relativ hohen allgemeinen Sterblichkeit der ganzen Versuchsreihe. Auch die oben angedeutete weitere Verschiebung des Geschlechterverhältnisses (vgl. Tabelle) beim Übergang vom Puppen zum Imaginalstadium weist in diese Richtung. Hiernach muß angenommen werden, daß die Empfindlichkeit männlicher und weiblicher Raupen der Nonne dem Temperaturfaktor gegenüber verschieden ist. Erstere sind gegen niedere, letztere gegen höhere Temperaturen widerstandsfähiger.

Eigenartig bleibt, daß die Änderung des Sexualindex nicht dem vom Standpunkt der Vererbungslehre gesehenen Idealfall eines 50 prozent. Verhältnisses zustrebt. Bevölkerungstheoretisch betrachtet braucht dieses allerdings nicht das günstigste zu sein: Daß einseitige extreme Verschiebung des Geschlechterverhältnisses zugunsten der Männchen Verminderung des Vermehrungspotentiales bedeutet und damit hemmend auf das Bevölkerungswachstum wirken kann, versteht sich von selbst. Der gegenteilige Schluß indessen — daß extreme Steigerung des weiblichen Anteiles die Zunahme entsprechend fördert — ist nicht ohne weiteres zulässig. Er setzt mindestens voraus, daß jedes Männchen zu mehrmaliger Begattung fähig ist. Ob dies bei der Nonne zutrifft, wäre noch festzustellen. Von anderen Insektenarten verschiedener Gruppen ist ein derartiges Verhalten der Männchen bekannt: M. Schultze[3]) beobachtete bei *Agrotis linogrisea* Schiff. fünfmalige Kopula desselben Pärchens. Ich selbst konnte bei früherer Gelegenheit an mehreren isoliert gehaltenen Pärchen der Pentatomide *Eurygaster integriceps* Put. Entsprechendes feststellen. Nach Escherich (17, Bd. I) ist bei Spinnern und auch bei anderen Lepidopteren (Saturniden, Psychiden usw.) mehrmalige Ausübung der Begattung durch Männchen beobachtet worden. Sehr verbreitet ist ferner Polygame bei verschiedenen Borkenkäferarten (Escherich 17/II). Die Fähigkeit der Männchen zu mehrmaliger Kopula ist demnach mindestens bei einigen Insekten sicher nachgewiesen.[4]) Es ist nicht unwahrscheinlich, daß auch die Männchen von *L. monacha* L. sie besitzen.

Trifft diese Voraussetzung zu, dann wäre jener Sexualindex als Bestwert bezw. „absolut" zu bezeichnen, der im obigen Diagramm den höchsten

---

[1]) Vgl. Goldschmidt (22).

[2]) Zum mindesten nicht unter den Weibchen, deren Ovarien sämtlich unter dem Binokular untersucht wurden.

[3]) Zitiert nach Hering (26).

[4]) Daß die Weibchen zahlreicher Lepidopteren mehrmals begattet werden können und einige sogar mehrmals begattet werden müssen, erwähnt Hering (26). Für *Panolis flammea* Schiff. im besonderen vgl. Zwölfer (67).

Anteil der weiblichen Komponente repräsentiert. Er liegt mit ca. 0,8 bezw. mit rund 80 % Weibchen bei Temperaturen von 25 ° C, deren Wirken im Raupenleben auch in der Eiproduktion auf den höchsten Durchschnittswert („absolute Eizahl") führt. Durch den Umstand, daß zwei unter sich unabhängige Erscheinungen zu derselben Schlußfolgerung leiten, gewinnt die Richtigkeit derselben erheblich an Wahrscheinlichkeit. —

Wie liegen die Verhältnisse in freier Natur? — Die oben zitierten Paulyschen Zahlenangaben[1]) (38) weisen auf ein starkes Überwiegen der Männchen hin. Nitsche (27) betont dies als Regel. Wachtl (61) nimmt unter Hinweis auf die Zuchtergebnisse von Metzger und Müller (36) Paulys Zahlenverhältnis (♂♂ : ♀♀ = 7 : 3) für die Nonne als Norm an. Auf ein starkes Überwiegen der Männchen lassen auch die von Knoche zitierten württembergischen vieljährigen Sammeldaten schließen (vgl. oben). Besonders aufschlußreich ist in diesem Zusammenhang der Hinweis des Genannten, daß 1929 „gerade in den Revieren mit stärkster Vermehrung" ein für die Weibchen wesentlich günstigeres Geschlechtsverhältnis festgestellt wurde. „Stellenweise übertraf die Zahl der gefangenen Weibchen die der Männchen." Erinnert man sich, daß 1929 ein gutes Weinjahr mit übernormal warmem Sommer war, so bestätigt diese Freilandbeobachtung die experimentellen Befunde in bester Weise.

Auch das für Freilandverhältnisse als Regel angegebene Überwiegen der Männchen deckt sich gut mit den Ergebnissen des Experiments, wenn berücksichtigt wird, daß unter unseren Breiten normalerweise die Temperaturen der Sommermonate (Juni, Juli), in welchen der Hauptfraß der Nonnenraupen stattfindet, im Mittel unter 20 ° C liegen. Aus demselben Grunde ist es fraglich, ob hier auf größeren zusammenhängenden Gebieten ein extremes Überwiegen der Weibchen zustande kommen kann. Temperaturen von 25 ° C als Mittelwerte sind unter unseren Breiten selbst für kürzere Zeiträume selten und höchstens in abnorm warmen Sommern denkbar. Kalte Sommer hingegen, mit Mitteltemperaturen um und unter 16 ° C kommen selbst in typischen Nonnengebieten öfters vor. Sie müßten nach dem Gesagten zu einer extremen Verschiebung des Geschlechterverhältnisses zugunsten der Männchen und damit zu einer erheblichen Beeinträchtigung des Bevölkerungszuwachses führen. All dies weist jedenfalls darauf hin, daß der schon von Ratzeburg (40) angedeutete Gedanke — extreme Verschiebung des Geschlechterverhältnisses zugunsten der Männchen könne das Ende einer Kalamität bedingen — durchaus diskutabel ist.

Nach Knoches kürzlich erschienener Arbeit (30) sollen Nonneneier, die unter feuchten Bedingungen gehalten wurden, späterhin mehr Männchen, trocken gehaltene Eier hingegen mehr Weibchen ergeben. Er schließt hieraus auf eine größere Wider-

[1]) Da sie — wie Pauly ausdrücklich bemerkt — auf die Gesamtflugzeit einer Generation bezogen wurden, sind sie zuverlässig.

standsfähigkeit der weiblichen Raupe gegen trockene, der männlichen Raupe hingegen gegen feuchte Luft. So will er denn auch den obigen Freilandbefund für 1929 mit der Trockenheit des warmen Sommers erklären. Genau genommen ist jedoch Knoches Schluß über verschiedenartige Widerstandsfähigkeit männlicher und weiblicher Raupen gegen relative Luftfeuchtigkeit an Hand seiner Versuche nur für die Embryonen zulässig, denn nur diese waren verschiedenen Bedingungen ausgesetzt. Seine Versuche können also nicht zur Erklärung der Freilandverhältnisse des Sommers 1929 herangezogen werden. Da sich seine Angabe überdies auf ein einziges Versuchsergebnis stützt, wäre sie nachzuprüfen. Dies ist um so notwendiger, als von den drei Vergleichsversuchen mit feucht behandeltem Ausgangsmaterial im Endresultat einer ebenfalls ein Überwiegen der Weibchen ergab. Wahrscheinlich haben auch hier Einflüsse während der Raupenzeit an der Verschiebung des Geschlechterverhältnisses mitgewirkt, die von Knoche übersehen worden sind. —

Daß bei anderen Insektenarten in freier Natur Änderungen des Sexualindex vorkommen können, ist in mehreren Fällen erwiesen.[1]) Meist überwiegt dabei der Anteil der Männchen: So bei Wolffs (64) Beobachtungen an *Bupalus piniarius* L. Beim Wiesenzünsler, *Phlyctaenodes sticticalis* L., tritt in Nordamerika sogar gelegentlich der extreme Fall ein, daß die Falter einer Generation fast ausschließlich aus Männchen bestehen.[2]) Bezeichnenderweise handelt es sich hierbei um Generationen, die in die kühlere Jahreszeit fallen. Stets führt dies dort zum Zusammenbruch einer Massenvermehrung. — In diesem Zusammenhang sei schließlich noch an die Untersuchungen von Standfuß (53) und Hofmann (25) erinnert: Ersterer stellte im Hungerversuch mit verschiedenen Lepidopterenraupen fest, daß unter solchen Bedingungen weibliche Tiere eine prozentual größere Sterblichkeit aufweisen als männliche. Hofmann (25) erzielte bei entsprechenden Versuchen mit *Arctia caia* L. und *Liparis dispar* L. dasselbe Ergebnis: einseitige Verschiebung des Geschlechterverhältnisses zugunsten der Männchen. Ungünstige Ernährungsbedingungen können demnach zu ähnlichen Zuständen führen wie ungünstige klimatische Einflüsse. Möglicherweise ist die Temperaturwirkung auf den Sexualindex der Nonne mittelbar durch die Ernährung bedingt (ungenügende Nahrungsresorption? Vgl. Puppengewicht!).

Relatives und absolutes Vermehrungspotential: Daß gleichsinnige Änderungen von Eizahl und Sexualindex ganz erhebliche Verschiebungen der von einer Population produzierten Nachkommenschaft zur Folge haben müssen, liegt auf der Hand. Ihre Wirkung multipliziert sich!

In welchem Ausmaß dies der Fall ist, zeigt der Kurvenverlauf des relativen Vermehrungspotentiales der Nonne, der unter Zugrundelegung der für Eizahl und Sexualindex erhaltenen Werte im Diagramm Abb. 7 dargestellt ist.[3]) Die Berechnung der zur Konstruktion erforderlichen Punkte erfolgte dabei nach der Formel Vermehrungspotential = Eizahl × Sexualindex. Der vergleichsweise erheblich steilere Anstieg der Potentialkurve

[1]) Für andere Gruppen des Tierreiches teilt Goldschmidt (22) Änderungen des Geschlechterverhältnisses aus freier Natur mit.

[2]) Nach Reh (41).

[3]) Es sei hier mit Vorbehalt wiedergegeben und mehr um Weg und Ziel derartiger Untersuchungen anzudeuten als seiner unmittelbar praktischen Verwendbarkeit wegen. Ich bin mir dabei der Unzulänglichkeit meines Zahlenmateriales, das sich auf vergleichsweise geringe Individuenmengen stützt (insgesamt 140 Falter), ebenso aller möglichen Fehlerquellen durchaus bewußt. Künftige Forschungen werden die Unterlagen zu verbessern haben.

gegenüber Eizahl- und Indexkurve (vgl. Abb. 5 u. 6) ist unmittelbar die Folge der gleichsinnigen Änderung der letzteren mit steigender Temperatur.

Sind die während des Raupenlebens wirkenden Temperaturen bekannt, dann gestattet die Potentialkurve die Näherungswerte der künftigen Eiproduktion direkt abzulesen. So würde beispielsweise unter Temperaturen von 12—14° C, die während des Raupenlebens wirkten, 100 Imaginalindividuen einer Population insgesamt rund 1200 Eier produzieren, während im extrem günstigen Fall, bei einem Temperaturbereich zwischen ca. 24 bis 26° C dieselbe Falterzahl rund 12 000 Eier zeugen könnte — also eine zehnfache Steigerung der Nachkommenproduktion als Wirkung des Temperaturfaktors.[1]) Die relative Eizahl allein (vgl. Abb. 5) erfährt innerhalb derselben Temperaturlagen nur eine $2^1/_2$fache Steigerung. Diese Zahlen belegen das oben über die Multiplikation der Wirkung Gesagte aufs beste.

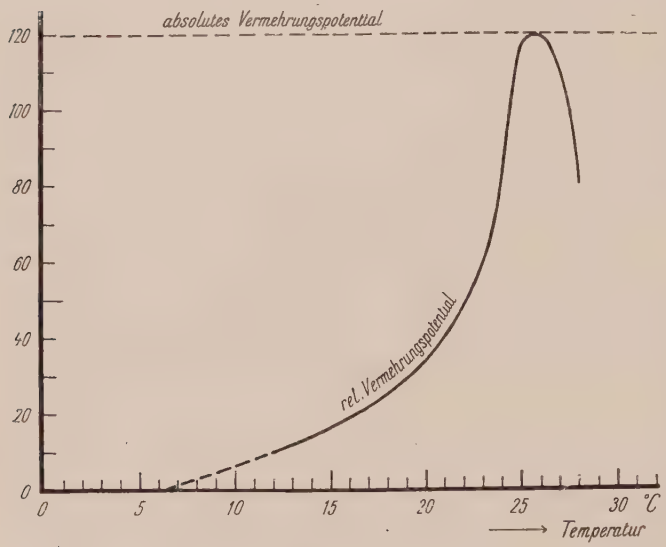


Abb. 7.
Relatives und „absolutes" Vermehrungspotential.

Was das „absolute Vermehrungspotential" der Nonne anlangt, so ist es — sofern die im vorigen Abschnitt gemachten Voraussetzungen zutreffen — durch den Gipfelpunkt der Potentialkurve, den Wert $\varepsilon = 120$ dargestellt.

Selbst wenn diese Voraussetzungen unrichtig sind und spätere Untersuchungen den Nachweis erbringen, daß der günstigste Wert des Sexualindex nicht bei 0,8, sondern bei 0,5 liegt, so würde im obigen Beispiel die Eiproduktion bei Optimaltemperaturen immer noch mit 7500 das $6^1/_2$fache der Produktion unter ungünstigen Bedingungen ausmachen. Das absolute Vermehrungspotential der Nonne wäre für diesen Fall mit 75 anzusetzen.

Puppengewicht-Eizahlrelation und deren prognostische Bedeutung: Schon rein theoretisch ist bei Arten, die ähnlich wie die Nonne als Imago keinerlei Reifungsfraß ausführen, zwischen weiblichem Puppen-

[1]) Es sei daran erinnert, daß es sich bei diesen Zahlen um Mitteltemperaturen handelt. Ob bei stärkeren Temperaturschwankungen, insbesondere bei rhythmischen Änderungen der Effekt sich wesentlich ändert, bleibt späteren Untersuchungen festzustellen vorbehalten.

gewicht und Eizahl eine Beziehung zu erwarten. Diese Vermutung findet bei der Nonne in dem analogen Verlauf der Kurven beider Größen eine Stütze (Abb. 4 u. 5). Daß eine solche Beziehung in der Tat besteht, folgt aus der graphischen Behandlung der entsprechenden Wertepaare. Im Diagramm Abb. 8, zu dem die Daten von insgesamt 72 weiblichen Puppen zur Verfügung standen, ist sie durchgeführt. Trotz starker Abweichungen im einzelnen ist doch im ganzen mit wachsendem weiblichen Puppengewicht eine stetige Zunahme der Eizahl unverkennbar. Entsprechende Mittelwerte folgen zwanglos dem Verlauf der gezeichneten Graden. Sie schneidet die Puppengewichtsachse bei 180—200 mg; was mit der Erfahrung gut übereinstimmt, daß weibliche Puppen dieser Gewichtsklasse in der Regel gänzlich sterile Falter liefern. Im übrigen läßt sich aus dem Verlauf der Geraden für jede Puppengewichtsklasse die zugeordnete mittlere Produktion legereifer Eier schätzungsweise ablesen.

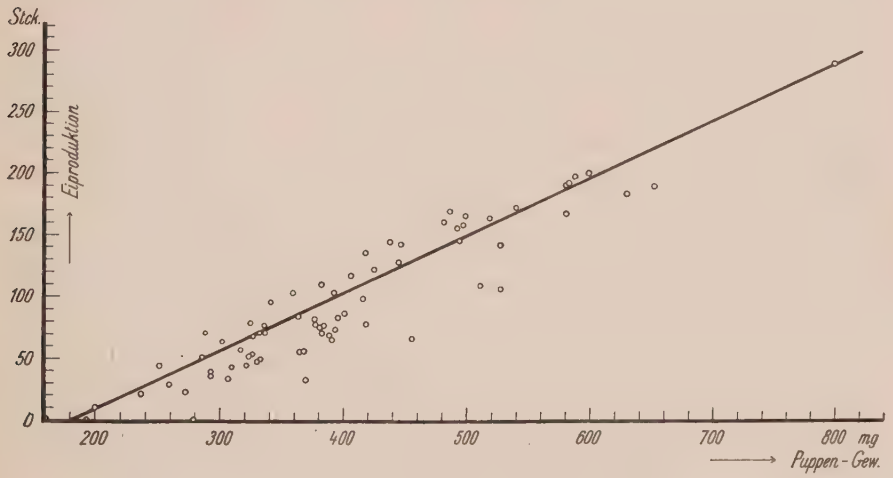


Abb. 8. Weibliches Puppengewicht und Produktion legereifer Eier.

Die Kenntnis dieser Beziehung ist für prognostische Zwecke wertvoll. Bekanntlich stützt sich die Nonnenprognose bislang im wesentlichen auf Auszählung der Eier gefällter Probestämme (sogenanntes „Probeeiern"). Die Methode hat große Mängel, zumal wenn mit ungeschultem Personal gearbeitet wird. Ähnlich äußert sich Knoche (29), der aus diesem Grunde bei Prognosen mit einer Verdoppelung des empirisch gefundenen Eibelages je Stamm rechnet. Neuerdings hat Wellenstein (59) die Unzulänglichkeit des Probeeierns eingehend nachgewiesen. Der letztere schlägt daher zur Ermittlung der Populationsdichte für prognostische Zwecke die Bestimmung der Puppenzahl je Stamm vor, die sich nach seinen Versuchen wesentlich einfacher gestaltet und zuverlässigere Werte liefert.

Wird dieser Weg eingeschlagen, dann muß nach allem Vorhergesagten berücksichtigt werden, daß das Puppengewicht und damit die künftige Ei-

produktion bei der Nonne von Generation zu Generation erheblichen Schwankungen unterliegen kann. Wie sich das auf eine Prognose auswirkt, ist weiter oben bereits angedeutet worden. In solchen Fällen empfiehlt es sich an Hand lebenden (gesunden!) Puppenmateriales — einige hundert Stück aus jedem größeren Bezirk dürften hierzu genügen — zunächst das Geschlechterverhältnis und das mittlere weibliche Puppengewicht zu bestimmen. Ersteres ist auf Grund der Ausbildung des Abdominalendes der Puppen (Abb. 1) leicht festzustellen. Zur Ermittlung des weiblichen Puppengewichtes genügt die Wägung von 100 bezw. 4×100 lebenden weiblichen Puppen mittels einer Briefwaage. Wird beispielsweise auf diese Weise ein mittleres weibliches Puppengewicht von 0,4 g (= 400 mg) festgestellt, so ist in der Prognose mit einer relativen Eizahl von rund 100 Stück je Weibchen zu arbeiten, die aus dem Diagramm Abb. 8 ohne weiteres entnommen werden kann. Der weitere Gang der Berechnung unter Berücksichtigung des Geschlechterverhältnisses versteht sich von selbst.

Daß der vorgeschlagene Weg erheblich einfacher und mit geringeren Kosten verknüpft ist als der bislang gebräuchliche, bedarf keiner näheren Begründung. Letzteren zu beschreiten empfiehlt sich nur dann, wenn durch abnorme Witterungsverhältnisse während der Zeit des Schwärmens und der Eiablage der Falter diese erheblich gestört worden ist.

Der Einwand, daß die Methode ungenauere Werte liefern dürfte, da sie die Gewichtsverluste während des Puppenlebens nicht berücksichtigt (vgl. Abb. 2), ist nicht haltbar: sie sind zu gering, um sich in diesem Zusammenhang störend bemerkbar zu machen. Zudem ist ein gewisser Ausgleich des Gewichtsverlustes durch die Verschiedenaltrigkeit von Freilandpuppenmaterial gegeben.

Der angedeutete Weg ist im Prinzip auch bei anderen Forstinsekten gangbar, soweit sie bezüglich der Eientwicklung ähnliche Verhältnisse wie die Nonne aufweisen. Insbesondere erscheinen diesbezügliche Untersuchungen bei Kiefernspanner und Kieferneule vielversprechend, bei denen bekanntlich die Entscheidung über etwaige Kampfmaßnahmen schon auf Grund der Winterprognose an der Puppe gestellt werden muß.

Wirkung niederer Luftfeuchtigkeit: Im vorstehenden ist die Wirkung von Luftfeuchtigkeitsgraden zwischen 50—100 % zusammenfassend behandelt worden, da für sie kein Einfluß auf Puppengewicht und Eizahl nachgewiesen werden konnte. Für extrem niedere Luftfeuchtigkeitsgrade liegen die Verhältnisse anders:

Zunächst sei vorausgeschickt, daß bei 17 % relativer Luftfeuchtigkeit die Aufzucht der Eiraupen bis zum Falter durchweg mißlang. Die Versuchstiere starben größtenteils als L. I, spätestens aber als L. III und bei niederen Temperaturen als L. IV ab. Bei 30—35 % relativer Luftfeuchtigkeit und in mittleren Temperaturlagen wurden einzelne Falter aus Eiraupenzuchten erhalten, deren Puppengewicht und Eizahlen sich in normalen Grenzen bewegten. Infolge der an fast 100 % heranreichenden Gesamtsterblichkeit dieser Versuche blieben jedoch die bei ihnen erhaltenen Imagines in obigen Berechnungen über Vermehrungspotential usw. unberücksichtigt. Der Befund bestätigt im übrigen Komarecks (31) Angabe, wonach junge Nonnenraupen auf die Dauer Luftfeuchtigkeitsgrade unter 30 % nicht zu ertragen vermögen.

Um festzustellen, ob ältere Raupen extrem niederen Luftfeuchtigkeitsgraden widerstehen und unter solchen Bedingungen die Imaginalreife erlangen können, wurden 20 Versuchstiere unmittelbar nach der dritten Häutung, also als L. IV, bei 18° C (Mitteltemperatur)

unter 17% relativer Luftfeuchtigkeit weiter gezogen. Ihre Fraßtätigkeit blieb durchaus normal. 17 Raupen erreichten das L.-V-Stadium, 7 Stück (5 ♂♂, 2 ♀♀) die Puppenstufe und insgesamt 4 (2 ♂♂, 2 ♀♀) vollendeten die Metamorphose.

Sämtliche Puppen und ebenso alle Falter waren außerordentlich klein und ausgesprochene Kümmerformen (Abb. 9). Die Puppengewichte betrugen beim Männchen im Mittel 53 mg (Max. 93, Min. 30 mg), beim Weibchen im Mittel 172 mg (Max. 192 mg, Min. 153 mg). Sie lagen demnach in beiden Geschlechtern ganz erheblich unter den für diese Temperatur bei höheren Luftfeuchtigkeitsgraden normalen Werten (vgl. Abb. 3 u. 4). Die nach Eintritt des Alterstodes bei den Weibchen vorgenommene Sektion ergab sehr kümmerlich entwickelte Ovarien (0 legereife Eier), also völlige Sterilität.

Niedere Luftfeuchtigkeit vermag demnach ebenso wie der Temperaturfaktor die Eizahl und damit das Vermehrungspotential der Nonne zu beeinflussen. Ob sie auch das „mechanische Geschlechterverhältnis" ändert, kann angesichts der geringen Individuenzahlen, die zur Verfügung stehen, nicht entschieden werden.[1]) Indirekt bestätigt das Versuchsergebnis die in den vorstehenden Abschnitten mehrfach geäußerte Anschauung, derzufolge die Bedingungen unter denen die älteren Raupen leben, auf Puppengewicht u Eizahl entscheidenden Einfluß gewinnen können.

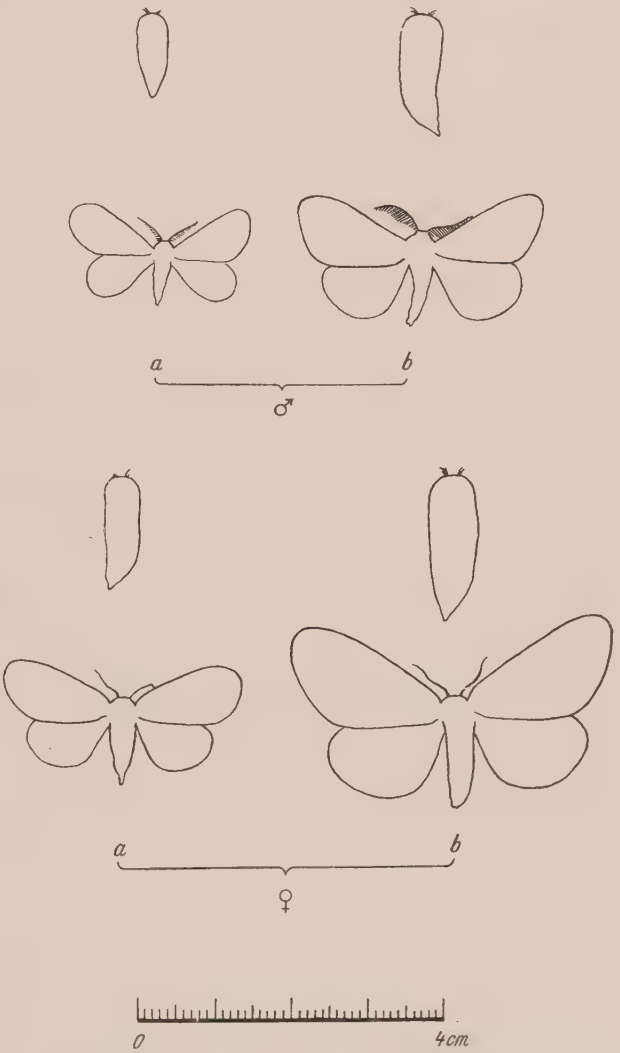


Abb. 9. *a* Puppen- und Faltergröße bei Aufzucht der Raupen unter extrem niederer Luftfeuchtigkeit (17 %). *b* normale Vergleichsstücke mittlerer Größe.

Kopula und Eiablage: Es lag im Plane der Untersuchungen die vorstehenden Ergebnisse über die Beziehungen des Vermehrungspotentiales zu Temperatur und Luftfeuchtigkeit durch weitere Versuchsreihen zu ergänzen, welche die Feststellung des opti-

[1]) Hinsichtlich Knoches Auffassung vgl. S. 18—19.

malen Bereiches für das Zustandekommen von Kopula und Eiablage bezweckten. Für die Kieferneule ist Entsprechendes bei früherer Gelegenheit durchgeführt worden. Bei der Nonne indessen scheiterten alle diesbezüglichen 1931 und 1932 ausgeführten Versuche aus unbekannten Gründen. Vermutlich ist die Einengung des Lebensraumes in den Versuchsgefäßen, die sich technisch mit den vorhandenen Mitteln nicht vermeiden ließ, für die Begattung der Nonnen ungünstig und diese zur Ausübung der Kopula auf freien Flugraum angewiesen.[1]) Altum (1) äußert Ähnliches.

Unbegattete Nonnenweibchen legen gelegentlich einen Teil ihres Eivorrats ab. Selbst unter niederen Temperaturen (8° C) wurde Ablage unbefruchteter Eier von mehreren Weibchen (ca. 200 Eier) festgestellt. Zur Aufstellung eines Diagramms der Eiablage sind derartige Resultate nicht verwendbar. Parthenogenetische Eientwicklung findet im übrigen bei der Nonne nicht statt, wie die Untersuchung von 400 von unbegatteten Weibchen stammenden Eiern ergab.

Daß auch für das Zustandekommen der Kopula zum mindesten der Temperaturbereich eingeschränkt ist, lassen Beobachtungen von Sedlaczek (45, 46) vermuten: Unterhalb 15° C hört der Flug der Nonnen auf. Starker Flug wurde von ihm bei 18° C und 73% relativer Luftfeuchtigkeit festgestellt. —

Die Sterblichkeit im Eistadium.

Unter den Bedingungen der freien Natur werden bekanntlich die Eier von *L. monacha* im Hochsommer (Juli/August) abgelegt, durchlaufen anschließend in rund 4 Wochen ihre Embryonalentwicklung und verharren nach Abschluß derselben bis zum folgenden Frühjahr im Latenzzustand. Die Ermittlung der ökologischen Valenz des Nonneneies gegenüber Temperatur-Feuchtigkeitsfaktoren muß diesem Umstand Rechnung tragen.

Werden frisch abgelegte Nonneneier bis zum Schlüpfen unter konstanten Temperatur-Feuchtigkeitsbedingungen gehalten und die festgestellten Schlüpfdaten zur Konstruktion eines Mortalitätsdiagrammes herangezogen, so resultiert ein Bild über den vitalen Bereich des Nonneneies mit dem praktisch nichts anzufangen ist: Unter solchen Bedingungen zeigt sich nämlich, daß die Eier nach Ablauf von 7—8 Monaten (August bis Januar/Februar) bei Temperaturen zwischen 6°—15° C und Luftfeuchtigkeitsgraden zwischen 35—100% teilweise schlüpfen (5—50% Überlebende!), in allen übrigen Kombinationen aber restlos zugrunde gehen. Daß die genannten Schlüpfbedingungen nicht schlechthin als optimal vitaler Bereich des Nonneneies angesprochen werden können, liegt auf der Hand. Die Ergebnisse gestatten lediglich, wie weiter unten gezeigt werden wird, indirekte Schlüsse hinsichtlich der günstigen Temperaturbedingungen für die Überwinterung des Nonneneies. —

Will man zu richtigen, praktisch verwertbaren Vorstellungen gelangen, so sind über die Embryonalzeit des Eies, seine herbstliche Übergangsperiode, die Überwinterung und die Zeit des Schlüpfens im Frühjahr gesonderte Untersuchungen erforderlich. Nach diesen Gesichtspunkten wurde bei den Versuchsreihen vorgegangen, deren Ergebnisse im

---

[1]) Wolff (63) bemerkt gelegentlich, daß zwischen Zeitungspapier verpackte Nonnenpuppen während eines Transportes schlüpften, und die Falter unter diesen Bedingungen sich begatteten und Eier ablegten. Daß Eiablage unter solchen Umständen erfolgen kann, soll nicht bestritten werden. Der Nachweis erfolgter Begattung ist damit noch nicht erbracht.

folgenden mitgeteilt werden. Daß die genannten Lebensabschnitte allmählich ineinander übergehen und zeitlich nicht scharf getrennt werden können, erschwert die Untersuchungen.

Die Embryonalzeit: Das Ergebnis der Untersuchungen über den Einfluß konstanter Temperatur-Feuchtigkeitskombinationen auf die Sterblichkeit des Eies während seiner Embryonalperiode ist im Diagramm, Abb. 10, niedergelegt. Es fußt auf der Auswertung der Resultate von 182 Einzelversuchen mit 84 verschiedenen Temperatur-Feuchtigkeitskombi-

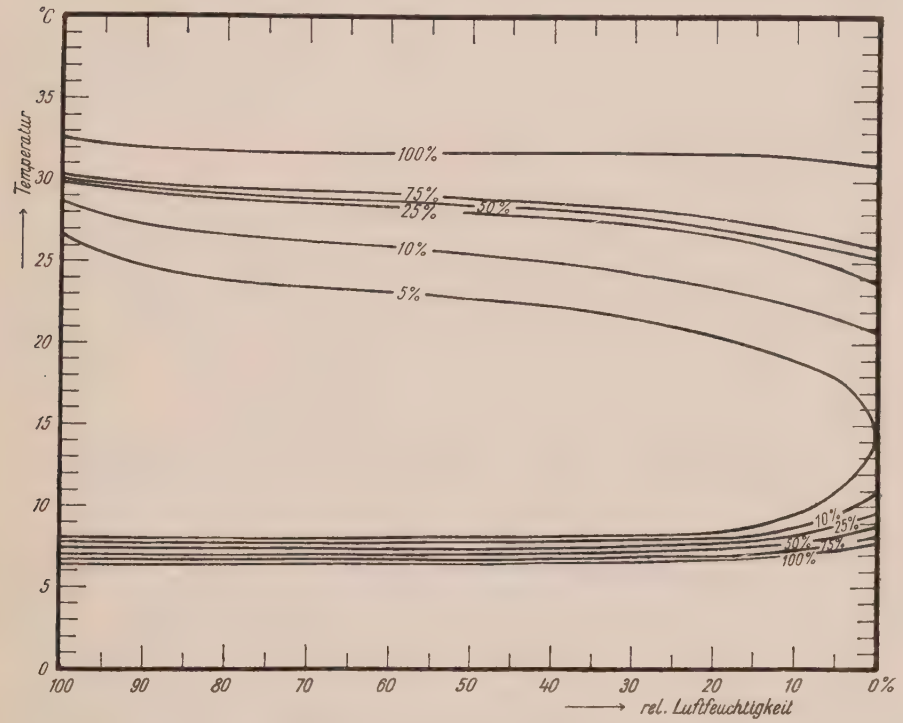


Abb. 10. Thermohygrogramm der Eisterblichkeit während der Embryonalentwicklungszeit.

nationen und insgesamt 9160 Eiern. Sämtliche Einzelversuche liefen in doppelter, 7 Kombinationen in vierfacher Wiederholung. Das Versuchsmaterial bestand aus ca. 3—5 Tage alten Nonneneiern aus dem Forstamt Freudenberg (Nachkommen der Eruptions- und Krisengeneration des Sommers 1932). Da im entwickelten Nonnenei der Embryo durch die transparente Eischale hindurch ohne weiteres erkennbar ist, bereitet die Feststellung, ob und unter welchen Bedingungen die Eier ihre Embryonalentwicklung nicht vollenden, keine Schwierigkeiten.

Die Diagrammkurven geben die Linien gleicher Mortalität oder Sterbewahrscheinlichkeit wieder. Dargestellt sind die Grenzen der 5%, 10%, 25%, 50%, 75% und 100% Sterbewahrscheinlichkeit. Der Bereich

der geringsten Sterbewahrscheinlichkeit, die durch die 5% Linie abgegrenzt wird, ist außerordentlich groß: Er reicht von 7° bis rund 26,5° C und umfaßt Feuchtigkeitsstufen zwischen 0—100%. Wie der Grenzlinienverlauf erkennen läßt, nimmt mit steigender Temperatur die Empfindlichkeit gegenüber niederen Luftfeuchtigkeitsgraden etwas zu. Für extrem niedere Luftfeuchtigkeitsgrade gilt ähnliches bei Temperaturen kleiner als 14° C. Absolut tödlich wirken bei Daueraufenthalt unter sämtlichen Feuchtigkeitsbedingungen-Temperaturen über 32° C. Bei solchen unter 6° C wird die Entwicklung des Embryo nicht abgeschlossen.

Bei Temperaturen zwischen 6°—8° C währte — wie hier vorwegnehmend bemerkt sei — die Embryonalentwicklung rund 5 Monate (August—Dezember einschließlich), bei Temperaturen zwischen 10—12 rund 7 Wochen. Ausführlicher wird in einer späteren Arbeit auf die Entwicklungsdauer eingegangen werden. —

Den geschilderten, auf experimenteller Basis beruhenden Schlußfolgerungen über die große Widerstandsfähigkeit des Nonneneies während seiner Embryonalperiode entsprechen recht gut die Befunde an Freilandmaterial: rund 50 Proben aus verschiedenen bayerischen und württembergischen Forstämtern, die ich in den letzten Jahren zu untersuchen Gelegenheit hatte und die insgesamt ca. 100000 Eier umfaßten, wiesen mit wenigen Ausnahmen unter 5% ohne Vollendung der Embryonalentwicklung abgestorbener Nonneneier auf. Was im übrigen das Aussehen solcher Eier anbetrifft,[1]) so läßt es auf den Eintritt des Todes teils zu Beginn, teils während eines vorgerückten Zeitpunktes der Embryonalentwicklung schließen. Die Bilder entsprechen weitgehend jenen, wie sie bei Eiern erhalten werden, die ungünstigen experimentellen Bedingungen ausgesetzt waren. —

Die Berichte der einschlägigen Literatur, auf die weiter unten im Zusammenhang eingegangen, decken sich im wesentlichen mit den vorliegenden Freilandbefunden. —

Die herbstliche Übergangsperiode: Im Thermohygrogramm, Abb. 11[1]), sind die diesbezüglichen Verhältnisse dargestellt. Es basiert auf den Ergebnissen von 104 Einzelversuchen mit insgesamt 6214 Eiern, die auf 62 Temperatur-Feuchtigkeitskombinationen verteilt waren. (Herkunft des Materials: Forstamt Freudenberg; Eruptions- und Krisengeneration 1932.) Die Entscheidung, ob im einzelnen Fall ein Absterben der Eier stattfand oder nicht, war hier wesentlich schwieriger zu fällen als in der oben diskutierten Versuchsreihe. Sie stützte sich auf den Umfang der im Ei auftretenden Gasvakuole. Da diese, wenn auch in geringerer Größe, schon im normalen Ei nach Abschluß der Embryonalentwicklung vorkommt, ist die richtige Diagnose Übungssache.[2]) Als Anhaltspunkt mag gelten, daß im entwicklungsfähigen Ei der Vakuolendurchmesser kleiner als $^1/_3$ des Eidurchmessers ist, worauf auch Escherich (17) schon hinwies.

Auch während der herbstlichen Übergangsperiode ist der Bereich des vitalen Optimums (5% Grenze) relativ groß. Hinsichtlich der Temperaturen deckt er sich im wesentlichen mit jenem der

---

[1]) Im punktierten Teil des Kurvenverlaufes blieben die Ergebnisse unsicher.

[2]) Vgl. Escherich (17), Knoche (28).

Embrynalperiode, doch ist größere Widerstandsfähigkeit gegen niedere Temperaturen vorhanden. Ein weiterer Unterschied besteht insofern, als die Empfindlichkeit des Nonneneies während der herbstlichen Übergangszeit gegen niedere Luftfeuchtigkeitsgrade wächst: zwischen 12—17° C reicht der optimale Lebensbereich nur noch bis 30% relative Luftfeuchtigkeit, und Feuchtigkeitsgrade unter 15% sind bei Daueraufenthalt absolut tödlich. Auch gegen höhere Temperaturen wird das Ei etwas empfindlicher. Die Grenze der fatalen Zone fällt für Feuchtigkeitsgrade unter 90% von 28,5° C bis 17° C. Sie liegt somit tiefer als während der Embryonalzeit. All dies erscheint ökologisch verständlich,

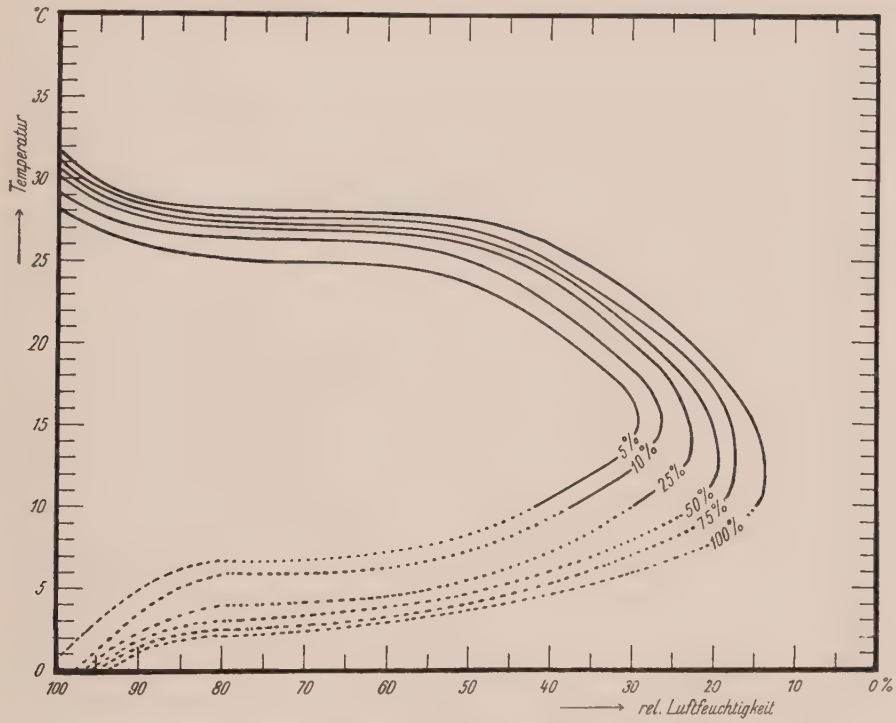


Abb. 11. Thermohygrogramm der Eisterblichkeit während der herbstlichen Übergangsperiode.

wenn man sich die Änderungen der Temperatur-Feuchtigkeitsbedingungen vergegenwärtigt, die während der herbstlichen Übergangszeit in freier Natur am Aufenthaltsort des Nonneneies eintreten.

Erwähnt sei in diesem Zusammenhang, daß insgesamt 3 von den ca. 6000 Versuchseiern noch Ende September, ca. 7 Wochen nach der Eiablage schlüpften. Sie hatten nebst 110 anderen Eiern in einer Kombination von 28,9° C und 100% relativer Luftfeuchtigkeit ihre Entwicklung durchlaufen. Die Beobachtung von Pauly (38), Knoche (28) und Wolff (63), daß vereinzelt schon ein Schlüpfen im Herbst stattfinden kann, wird damit bestätigt. —

Mit vorliegenden Befunden stimmen die Beobachtungen an Freilandmaterial gut überein. Werden Untersuchungen an Freilandeiern im November, Dezember vorgenommen,

so ist der Prozentsatz mit entwickeltem Embryo abgestorbener Eier in der Regel etwas höher als jener der Eier ohne abgeschlossene Embryonalentwicklung. In der Regel übersteigt er aber nicht 5%.

Vereinzelt — so bei Einsendung aus dem Forstamt Buch, Oberfr., im Herbst 1931 — war höhere, bis zu 25% reichende Sterblichkeit, für begrenzte Bezirke festzustellen. Vermutlich hatten hier lokal extreme Temperatur-Feuchtigkeitsänderungen zu einer Schädigung der Eier geführt. Bei der etwas gesteigerten Empfindlichkeit des Nonneneies in diesem Stadium wäre dies verständlich. Im übrigen stimmte das Aussehen toter Freilandeier völlig mit jenem überein, wie es bei experimentell abgetöteten Eiern wahrzunehmen ist: Stark vergrößerte Gasvakuole in allen Abstufungen bis zum Extrem des völlig verschrumpften, der Eischale einseitig anklebenden Embryos. Natürlich ist übereinstimmendes Aussehen der Toden nicht unbedingt für gleiche Todesursache beweisend, immerhin läßt es eine solche vermuten, zumal die geschilderte Erscheinung auf starke Feuchtigkeitsabgabe derartiger Eier hinweist, mithin auf dehydrierend wirkende Todesursachen. Andere Erklärungsmöglichkeiten kommen im vorliegenden Falle kaum in Frage: Eine Lokalbesichtigung des fraglichen Gebietes konnte zur Klärung wenig beitragen. Der Eibelag (ca. 100 Stück je Stamm) war gering, ebenso der in den vorausgehenden Jahren hier beobachtete Nonnenfraß. Mit Übervölkerungserscheinungen bezw. der Polyederkrankheit ließ sich das Absterben der Eier im vorliegenden Falle nicht in Zusammenhang bringen. Die in Betracht kommenden Bestände (Nord- und Südwesthang) waren in keiner Weise besonders exponiert. Auch waren die Mortalitätsprozente in den verschiedenen Höhenlagen annähernd gleich. — Auf die in der Literatur vorliegenden Angaben wird weiter unten zurückgekommen.

Die Überwinterungsperiode: Mangels der erforderlichen technischen Einrichtungen zur Erzielung langanhaltender Minustemperaturen war die Durchführung zusammenhängender Versuchsreihen über die optimalen Bedingungen während der Überwinterungsperiode nicht möglich. Immerhin gestatten die vorhandenen Daten einige Schlußfolgerungen in dieser Richtung:

Daß Bedingungen, die das Schlüpfen des Eies zulassen, während der Überwinterung verhängnisvoll sind, ist ohne weiteres einzusehen. Die eingangs dieses Abschnittes erwähnten Befunde (S. 24) zeigen, daß zur Verhinderung des Schlüpfens mithin zur optimalen Überwinterung die Temperaturen unter 6° C liegen müssen. Bezüglich der tiefsten Temperaturen, die von überwinternden Tieren für längere Zeit ertragen werden, weisen Schemigonows[1]) Experimente auf Werte von —22° C hin. Ähnliches ist Escherichs (18) Angaben zu entnehmen, wonach selbst kurzwirkende Temperaturen von —70° C von Eiern noch ertragen wurden. Unter den Bedingungen der freien Natur werden erfahrungsgemäß Wintertemperaturen von —21° C von Nonneneiern gut überstanden (Ratzeburg [40], Escherich [18], Knoche [28—30] u. a.). Selbst die stellenweise bis —40° C reichenden Temperaturen des Winters 1928/29 wirkten — worauf Knoche hinweist — auf Nonneneier nicht tödlich. Maßgebend in dieser Hinsicht ist wahrscheinlich der jeweilige Gleichgewichtszustand zwischen freiem und kolloidal gebundenem Wasser in den Geweben, wie

[1]) Zitiert nach Bachmetjev (2).

das aus den Untersuchungen von Robinson, Payne und Sacharov über die Überwinterung der Insekten zu schließen ist.[1])

Hinsichtlich der Luftfeuchtigkeit dürfte die Grenze des optimalen Bereiches für das überwinternde Ei zwischen jener während der herbstlichen Übergangsperiode (Abb. 12) und der Schlüpfzeit im Frühjahr (siehe unten) liegen, also schätzungsweise bei 60—70%. —

Die Schlüpfperiode: Die Ergebnisse über den günstigsten Temperatur-Feuchtigkeitsbereich für das Schlüpfen der Nonneneier im Frühjahr nach der Überwinterung beziehen sich auf Untersuchungen an rund 6000 Eiern,

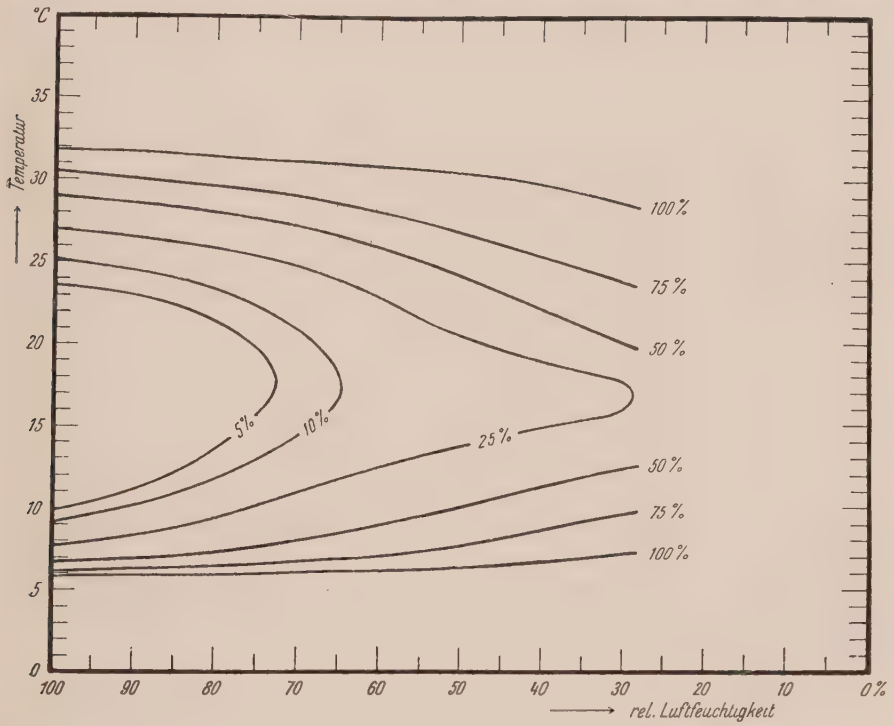


Abb. 12. Thermohygrogramm der Eisterblichkeit während der Schlüpfperiode.

die — nach normaler Überwinterung bei 3°—4° C und 90% relativer Luftfeuchtigkeit — 32 verschiedenen Temperatur-Feuchtigkeitskombinationen ausgesetzt wurden. (Herkunft des Materiales: Forstamt Neustadt; Nachkommenschaft der Eruptionsgeneration 1931.) Da die niederste bei diesen Versuchen angewandte Luftfeuchtigkeit 30% betrug, fehlen für die Diagrammkonstruktion bei geringeren Feuchtigkeitsgraden die empirischen Unterlagen.

[1]) Zitiert nach Uvarov (57). Knoche (30) hat neuerdings eine andere, mir unverständlich gebliebene Theorie für das Überwintern des Nonneneies aufgestellt. Eine „Sauerstoffkraft" des Eies soll dabei eine Rolle spielen.

Abb. 12 enthält die Auswertung der Versuchsergebnisse. Der optimale Bereich (5% Grenze) ist vergleichsweise stark eingeschränkt: Er umfaßt Temperaturen zwischen 10°—23,5° C und Feuchtigkeitsstufen zwischen 70—100%. Im Kurvenverlauf des Diagramms kommt die gesteigerte Empfindlichkeit des Nonneneies gegenüber niederer Luftfeuchtigkeit anschaulich zum Ausdruck. In diesem Zustand des Eies macht sie sich schon bei 70% relativer Luftfeuchtigkeit bemerkbar. Auffallend ist, daß auch hier — ähnlich wie schon in den früher gegebenen Diagrammen (Abb. 10, 11) unter Temperaturen zwischen 15—20° C verhältnismäßig die niedersten Feuchtigkeitsgrade ertragen werden. Je stärker die Abweichung von diesem Temperaturbereich, desto größer wird die Empfindlichkeit gegen geringe Luftfeuchtigkeit.

Die tiefsten Temperaturen, bei denen ein Schlüpfen überhaupt noch stattfindet, lagen zwischen 6,1°—6,6° C, die höchsten zwischen 30,9° bis 31,4° C (unter 100% relativer Luftfeuchtigkeit).

Was das Verhalten der Versuchstiere unter ungünstigen Temperatur-Feuchtigkeitskombinationen anbetrifft, so hatten unter diesen die Embryonen vielfach die Eischale noch durchnagt, ohne indessen die Fähigkeit zu besitzen sie völlig zu verlassen. Sie starben innerhalb der Eihülle ab, wobei gelegentlich der Kopf der Eiraupe schon aus der Schlüpföffnung herausragte. Erwähnt sei noch, daß alle abgestorbenen Eier dieser Versuchsreihe das sogenannte „Perlmutterstadium" erreicht hatten. —

Zusammenfassung: Die vorstehenden, experimentell begründeten Ausführangen lassen eine große Anpassungsbreite des Nonneneies gegenüber Temperatur und Luftfeuchtigkeit während des Stadiums seiner Embryonalentwicklung, seiner herbstlichen Übergangs- und seiner Überwinterungszeit erkennen (euryhygrotherm). Demgegenüber ist der Bereich günstiger Bedingungen während der Schlüpfperiode des Eies im Frühjahr vergleichsweise beschränkt. Die üblichen Winteruntersuchungen an Freilandeimaterial aus typischen Nonnengebieten, bei denen in der Regel ein auffallend hoher Prozentsatz „gesunder" Nonneneier festgestellt wird,[1]) bestätigen die Richtigkeit dieser Schlüsse.

Von der Embryonalentwicklungszeit angefangen bis zum Schlüpfen des Eies nimmt seine Empfindlichkeit gegen niedere Luftfeuchtigkeitsgrade sukzessive zu. Während der Schlüpfperiode ist sie am größten. Diese Verhältnisse entsprechen im wesentlichen den Änderungen der relativen Luftfeuchtigkeit am natürlichen Aufenthaltsort des Eies während der Zeit seines Auftretens (August/April). Sie ist hier am geringsten im August, am größten in den Winter- und Frühjahrsmonaten. Im übrigen besteht gute Übereinstimmung der experimentell festgestellten Anpassungsbereiches der einzelnen Phasen mit den jeweiligen Normalbedingungen des natürlichen Aufenthaltsortes.[2])

[1]) v. Tubeuf (56), Escherich (17, 18), Knoche (28—30) u. a. sowie eigene Beobachtungen.

[2]) Vgl. Wellensteins (59) Kleinklimamessungen für Schlüpfperiode und Embryonalentwicklungszeit.

Unter dem experimentell erzielten abgestorbenen Eimaterial lassen sich drei Gruppen unterscheiden.[1])

1. Tote Eier mit Anzeichen begonnener Embryonalentwicklung in allen Abstufungen. Sie sind das Ergebnis extrem hoher oder extrem niederer Temperaturen verbunden mit entsprechend ungünstigen Luftfeuchtigkeitsgraden.

2. Tote Eier mit völlig entwickeltem, der Eischale anklebendem Embryo in allen Abstufungen vom vergrößerten Eibläschen angefangen. Sie sind das Resultat ungünstiger Einflüsse während der herbstlichen Übergangszeit.

3. Tote Eier mit völlig entwickeltem, jedoch von der Eischale abgelöstem Embryo, teilweise mit ausgenagtem Schlupfloch (Absterben erfolgt im „Perlmutterstadium"). Sie sind das Ergebnis ungünstiger Bedingungen während der Schlüpfperiode. —

Alle drei Arten toter Nonneneier sind aus freier Natur bekannt. Es liegt nahe, ihre Todesursache entsprechenden Einflüssen zuzuschreiben. Von den genannten Autoren hat Knoche ähnliche Schlüsse gezogen.

Die erste Form toter Nonneneier (Absterben während der Embryonalentwicklung) ist infolge eigener Beobachtungen und Literaturangaben unter Freilandmaterial typischer Nonnengebiete im allgemeinen selten (vgl. auch weiter unten). Die zweite Form (Absterben während der herbstlichen Übergangszeit) ist etwas häufiger. Über die 3. Art (Absterben während der Schlüpfperiode) liegen nur spärliche Beobachtungen vor, was sich mit dem Umstand erklärt, daß Gesundheitsuntersuchungen von Nonneneiern für Prognosezwecke in der Regel nur im Winter vorgenommen werden.

Oberfränkisches Eimaterial, daß ich im Juni 1932 untersuchte, enthielt 40—50 % solcher Eier. Ähnliche Zahlen, die wahrscheinlich auf Absterben im Frühjahr zurückzuführen sind, nennt Escherich (17). Aus Knoches (28) Angaben endlich ist zu entnehmen, daß bei seinen Versuchen tote Nonneneier der ersten Form selten, solche der zweiten häufiger, jene der dritten Art endlich am häufigsten waren. Diese Abstufung der Häufigkeit toter Nonneneier der drei verschiedenen Arten, die sowohl im Experiment wie im Freiland gefunden wird, steht in Übereinstimmung mit der Abnahme der ökologischen Valenz des Nonneneies während seiner verschiedenen Lebensabschnitte, wie sie aus den vorliegenden experimentellen Ergebnissen zu folgern ist. —

Für die höheren Lagen der Randzonen typischer Nonnengebiete konnte Knoche (29) den interessanten Nachweis erbringen, daß hier in Jahren mit unternormal kühlem Sommer und Herbst (1922) der Prozentsatz während der Embryonalentwicklung absterbender Eier erheblich ist. Im Extrem — bei etwa 700 m Meereshöhe — erreichte er 100 %. Hier war es — wie Knoche richtig annimmt — die fehlende Wärme, die den Abschluß der Embryonalentwicklung verhinderte. Erwägt man, daß diese bei Temperaturen zwischen 6—12° C rund 2—5 Monate währt, und daß bei Knochens Beispiel in den höheren Lagen Schwärmen und Eiablage 1922 infolge der kühlen Witterung bis zum September hinausgezögert wurde, so ist das Ausbleiben der Embryonalentwicklung unter solchen Bedingungen durchaus verständlich.

Knoche will die Beobachtung verallgemeinern und im Ausbleiben oder im Eintritt der Embryonalentwicklung, bezw. in Einflüssen während der Embryonalentwicklungszeit

[1]) Ähnlich Knoche (28).

schlechthin, die entscheidenden klimatischen Ursachen des Entstehens und Vergehens von Nonnenkalamitäten erblicken. Daß dies nicht zulässig ist, geht aus seinen eigenen Beobachtungen hervor. In niederen Lagen (120 m Meereshöhe) betrug die Eisterblichkeit selbst im kühlen Sommer 1922 nur 8% — ein Satz der unmöglich als entscheidendes Regulativ angesehen werden kann. In den höheren Lagen andererseits (600—700 m) die im Grenzgebiet der Massenvermehrung der Nonne lagen, war selbst in Jahren mit normalem Temperaturgang (1923 und 1924) nach Knoches Befunden die Embryonalentwicklung ebenso günstig wie in tieferen Lagen. Wäre seine Auffassung richtig, dann hätte in diesen hoch gelegenen Randzonen lediglich in Jahren wie 1921 mit übernormal warmem Sommer und Herbst ein günstiger Abschluß der Embryonalentwicklung erfolgen dürfen, in allen anderen Jahren aber eine hohe Embryonalsterblichkeit beobachtet werden müssen. Der Verallgemeinerung seiner Beobachtung kann ich mich — nicht zum wenigsten auch im Hinblick auf mein umfangreicheres experimentelles Tatsachenmaterial — nicht anschließen.

Auf Knoches Versuche (28) über die Wirkung während der Embryonalzeit kurzfristig angewandter schädigender Temperaturen (33—40° C), verbunden mit „feuchter" und „trockener" Luft, kann hier nicht ausführlich eingegangen werden. Sie bilden eine Ergänzung vorliegender Befunde, insofern, als sie erkennen lassen, daß derartig extreme Bedingungen, wenn sie kürzere Zeit wirken, den Abschluß der Embryonalentwicklung nicht verhindern, sondern erst im späteren Leben des Eies Schädigungen ergeben. Neuerdings mißt der Genannte im Gegensatz zu früher diesen extrem hohen Temperaturen keine erhebliche Bedeutung unter Freilandbedingungen zu.

Die Sterblichkeit im Raupen- und Puppenstadium.

Larve I (Eiraupe): Das Thermohygrogramm der Mortalität von Larve I ist in Abb. 13 dargestellt. Es fußt auf den Ergebnissen von Versuchen mit insgesamt 3650 Eiraupen, die unmittelbar nach dem Schlüpfen bis zur ersten Häutung 66 verschiedenen Temperatur-Feuchtigkeitskombinationen ausgesetzt waren (11 Temperaturstufen, 6 Feuchtigkeitsstufen). Da die niederste angewandte Luftfeuchtigkeit 17% betrug ist der Kurvenverlauf unterhalb dieser Feuchtigkeitsstufe unsicher (gestrichelt!).

Der Bereich geringster Sterbewahrscheinlichkeit (5% Mortalitätsgrenze) ist vergleichsweise klein (stenohygrotherm). Er liegt annähernd zwischen 15,5°—25° C sowie zwischen 80—100% relativer Luftfeuchtigkeit. Die absolut tödliche Zone (bei Daueraufenthalt) umfaßt Temperaturen über 33°—34° C und solche unter 7,5° C. Unterhalb der letzteren Temperatur (5°—7,5° C) ist die Lebensdauer der Eiraupe zwar recht lang, auch wird Nahrung in Spuren aufgenommen, doch wird die erste Häutung nicht erreicht.

Die größte Widerstandsfähigkeit gegen niedere Luftfeuchtigkeit besitzt Larve I bei Temperaturen zwischen 17°—20° C. Dies ist dem Kurvenverlauf in Abb. 13 ohne weiteres zu entnehmen. Diese Widerstandsfähigkeit nimmt ab mit steigenden, desgleichen mit sinkenden Temperaturen.

Was das Absterben der Versuchstiere anbetrifft, so erfolgte es meist in den ersten Tagen nach Versuchsbeginn, ohne daß die „Todeskandidaten"

unter den Versuchstieren mit der Nahrungsaufnahme beginnen. Das Absterben der übrigen, die die erste Häutung nicht erreichten, trat kurz vor oder während der Häutung ein, im letzteren Falle, ohne daß diese vollendet wurde. An der vergleichsweise stark verdickten Kopfpartie in diesem Zustand abgestorbener Raupen ist das leicht festzustellen. Aus diesen Beobachtungen ist zu entnehmen, daß die Eiraupe unmittelbar nach dem Schlüpfen und ebenso unmittelbar vor der ersten Häutung gegen widrige Temperatur-Feuchtigkeitseinflüsse am empfindlichsten ist.

Das hier geschilderte Bild wird — wie ausdrücklich bemerkt sei — nur bei Berücksichtigung der Ergebnisse sämtlicher Einzelversuche erhalten. In mehreren der-

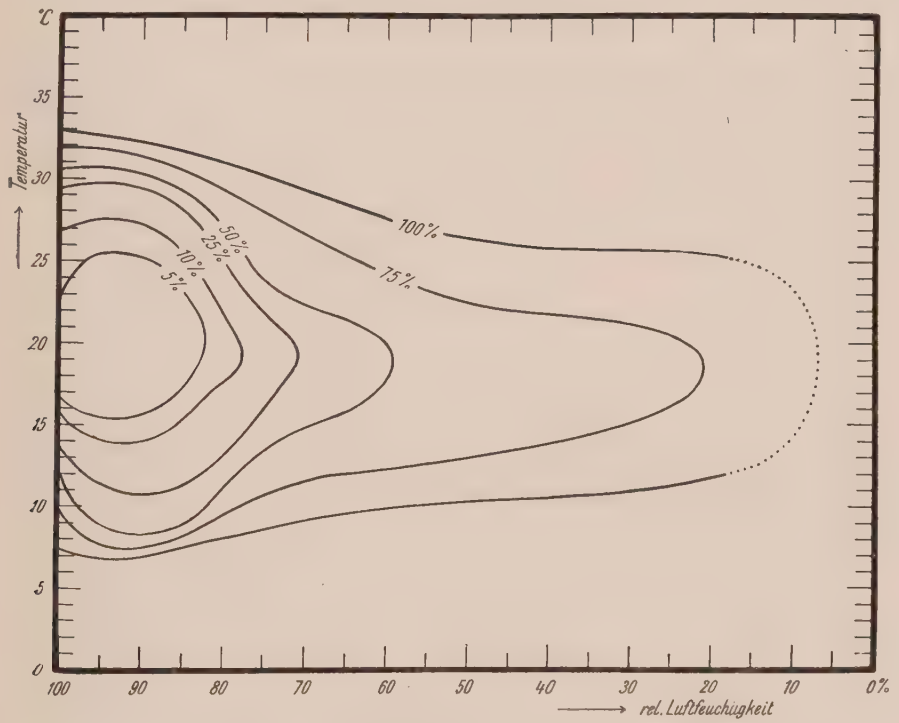


Abb. 13. Thermohygrogramm der Sterblichkeit von Larve I.

selben (5) waren zum Teil Sterblichkeitsprozente festzustellen, die vom Ergebnis benachbarter Einzelversuche derselben Reihe abwichen. Derartiges beruht wahrscheinlich auf Fehlern der Versuchstechnik (Nahrung!). Um „Nachwirkungen" schädlicher Einflüsse während des voraufgehenden Eistadiums kann es sich hier nicht handeln, da das gesamte Versuchsmaterial einheitlicher Herkunft war. —

Larve II (Einhäuter): Die diesbezüglichen Verhältnisse sind in Abb. 14 dargestellt. Als Unterlagen zu ihrer Konstruktion diente das Ergebnis von 72 Einzelversuchen mit insgesamt 3308 Versuchstieren. Die Zahl der angewandten Temperatur-Feuchtigkeitskombinationen betrug 69. (Niederste relative Luftfeuchtigkeit 0—10%.)

Der Bereich geringster Sterbewahrscheinlichkeit (5% Mortalitätsgrenze) ist für Larve II relativ groß. Er umfaßt Temperaturen zwischen 10°—31,5°C und relative Luftfeuchtigkeitswerte zwischen 60—100%. Im Vergleich zu Larve I hat demnach eine ganz bedeutende Steigerung der Widerstandsfähigkeit stattgefunden, die sich besonders in der allgemeinen Abnahme der Empfindlichkeit gegen geringe Luftfeuchtigkeit äußert. Der Kurvenverlauf der 5, 10, 25, 50, 75 und 100% Grenzlinien in Abb. 14 läßt dies deutlich erkennen.

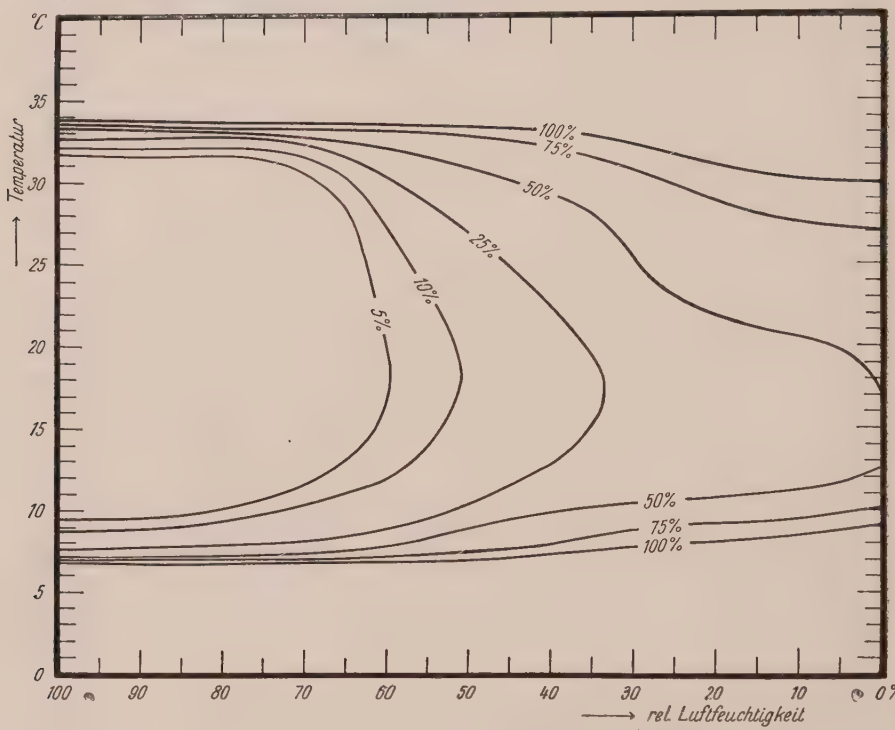


Abb. 14. Thermohygrogramm der Sterblichkeit von Larve II.

Die fatale Zone (bei Daueraufenthalt!) liegt oberhalb 34°C und unterhalb 7,5°C. Mit abnehmender relativer Luftfeuchtigkeit sinkt die obere tödliche Temperatur bis auf 30°C. Der entsprechende untere Grenzbereich steigt bis auf 9°C an. Wie schon bei der Eiraupe, so findet auch bei Larve II in dieser unteren fatalen Temperaturzone (zwischen 5°—7,5 C) noch spärlicher Fraß statt, doch wird das nächstfolgende Häutungsstadium nicht mehr erreicht.

Verhältnismäßig die größte Widerstandsfähigkeit gegen geringe Luftfeuchtigkeit zeigt Larve II bei Temperaturen zwischen 15° bis 20°C, wie das dem allgemeinen Kurvenverlauf zu entnehmen ist.

Im Gegensatz zum Verhalten der Eiraupe erfolgte hier das Absterben des „Todeskandidaten" unter den Versuchstieren meist unmittelbar vor

oder während der folgenden Häutung. Entsprechendes konnte übrigens auch bei allen späteren Raupenstadien, insbesondere beim Übergang zur Puppe festgestellt werden. Während der Häutungszeiten sind demnach die Nonnenraupen gegen widrige Temperatur-Feuchtigkeitseinflüsse mit am empfindlichsten.

Larve III—VI, Puppe: Aus Mangel an hinreichendem Versuchsmaterial war die Durchführung vollständiger Versuchsreihen, wie sie zur Konstruktion von Thermohygrogrammen erforderlich sind, für diese Stadien nicht möglich. Die erhaltenen experimentellen Daten beschränken sich im wesentlichen auf eine Feuchtigkeitsstufe (70—80 %), die für jedes

Larve III:

Temperatur ° C		5,5 °	7 bis 7,5 °	12,6 bis 13 °	16 °	18,5 bis 19 °	21 °	23 °	25,5 °	28,5 bis 29 °	31,5 °	37 bis 37,5 °
Rel. Luftfeuchtigkeit 70—79 %	n . . .	8	45	60	31	29	84	25	29	60	30	60
	Mortalität	100 %	88,0 %	1,5 %	0 %	0 %	1,3 %	0 %	6,5 %	5 %	0 %	100 %
	v . . .	—	± 2	± 1,5	—	—	± 1,7	—	—	± 5	—	± 0

Larve IV:

Temperatur ° C		5,5 bis 6 °	6,5 °	7 bis 7,5 °	12,6 bis 13 °	15,5 bis 16 °	19 °	21 °	23 °	25 °	28,5 bis 19 °	31,5 °	36,5 bis 37 °
Rel. Luftfeuchtigkeit 70—79 %	n . .	28	11	15	15	16	15	15	29	10	12	16	15
	Mortal.	100 %	91 %	40 %	13 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	25 %	0 %	100 %
	v . .	± 0	—	—	—	—	—	—	± 0	—	—	—	—

Larve V:

Temperatur ° C		4,5 bis 5 °	5 bis 5,5 °	12,6 bis 13 °	15,5 bis 16 °	19 °	21 °	23 °	25 °	28,5 bis 29 °	31,5 bis 32 °	37,5 °
Rel. Luftfeuchtigkeit 70—79 %	n . . .	10	15	10	10	9	10	13	10	10	20	10
	Mortalität	100 %	100 %	10 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
	v . . .	—	± 0	—	—	—	—	—	—	—	± 0	—

Larve VI:

Temperatur ° C		4,5 °	6,5 bis 7 °	12 bis 13 °	15,5 bis 16 °	19,5 °	21,5 °	23,5 °	25,5 °	28,5 °	31 °	32 °	36,5 °
Rel. Luftfeuchtigkeit 70—79 %	n .	5	10	27	18	12	15	10	9	3	8	10	8
	Mtlt.	100 %	100 %	11 %	22 %	33 %	33 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	100 %

Puppe:

Temperatur ° C		4,5 °	6,5 bis 7 °	12 bis 13 °	15,5 bis 16 °	19,5 °	21,5 °	23,5 °	25,5 °	28,5 °	31 °	32 °	36,5 °
Rel. Luftfeuchtigkeit 89—95 %	n .	10	10	40	22	16	13	24	25	8	4	5	4
	Mtlt.	100 %	100 %	12 %	5 %	12 %	0 %	4 %	4 %	0 %	0 %	100 %	100 %

Stadium mit 11 bezw. 12 Temperaturgraden kombiniert war. Insgesamt fanden bei dieser Untersuchung 1124 Versuchstiere in 69 Einzelversuchen Verwendung. Über den Verteilungsschlüssel gibt die vorstehende Tabelle Aufschluß, die die Ergebnisse dieser Versuche enthält. Bei der vergleichsweise geringen Individuenzahl bilden die Resultate des Einzelversuches keine einwandfreien Unterlagen zur Beurteilung der Sterbewahrscheinlichkeit. Als Serie betrachtet, lassen sie indessen gewisse Schlüsse zu.

Wie aus den Mortalitätsprozenten der Tabelle hervorgeht, tritt auch für Larve III—VI und ebenso für die Puppe, die schon bei Larve II festgestellte erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Temperatur und Luftfeuchtigkeit in Erscheinung. Hinsichtlich der Temperatur scheint die Widerstandsfähigkeit sogar noch weitere Steigerung zu erfahren. Unter 70—79% relativer Luftfeuchtigkeit reicht das Gebiet geringster Sterbewahrscheinlichkeit für Larve III—V von 12° bis rund 32° C. Für Larve VI liegt die untere Grenze etwas höher: schätzungsweise bei 20° C. Für die Puppe wiederum — solche aus Larve V und Larve VI hervorgegangenen sind hierbei zusammengefaßt — beginnt der günstigste Temperaturbereich etwas tiefer (bei ca. 15° C).

Ob die für Larve VI festgestellte höhere Sterblichkeit bei Temperaturen bis 20° C gesetzmäßig ist, oder auf Zufälligkeiten beruht, ist bei der relativ geringen Zahl von Versuchstieren nicht einwandfrei zu entscheiden. Die Frage wäre durch spätere Untersuchungen nachzuprüfen. Wird berücksichtigt, daß Larve VI größtenteils weibliche Raupen umfaßt, und daß diese zufolge früher erörterter Versuchsergebnisse über den Sexualindex bei Temperaturen unter rund 20° C höhere Empfindlichkeit aufweisen als männliche Raupen, so erscheint obiges Versuchsresultat verständlich. —

Zusammenfassend betrachtet folgt aus den vorstehenden Ausführungen, daß die ökologische Valenz der älteren Raupen von *L. monacha* L. gegen Temperatur-Feuchtigkeitseinflüsse relativ groß ist, wenn die Überlebenswahrscheinlichkeit der Individuen als quantitativer Ausdruck der Valenz angenommen wird. Dieser experimentell begründete Befund steht in Einklang mit den Angaben fast aller Beobachter, die die Widerstandstähigkeit älterer Nonnenraupen gegen klimatische Einflüsse übereinstimmend hervorheben.

Versucht man indessen im Hinblick auf die künftige höchstmögliche Eiproduktion der Falter den optimalen Temperatur-Feuchtigkeitsbereich für die Raupen abzugrenzen, so gelangt man zu einem etwas anderen Bild. An Hand der über das Vermehrungspotential mitgeteilten Daten, läßt sich das Thermohygrogramm, Abb. 15, konstruieren, das die diesbezüglichen Verhältnisse schematisch wiedergibt.

Der für die spätere Eiproduktion günstigste Lebensbereich der Raupe ist hiernach vergleichsweise gering!

Die eingezeichnete innere Grenzlinie entspricht annähernd einer 5 prozent. Reduktion des absoluten Vermehrungspotentiales. Sie ist damit den 5 % Grenzlinien der Mortalitätsdiagramme vergleichbar.[1]) Die in Abb. 15 enthaltene äußere Grenzlinie umfaßt annähernd den Bereich der 100 %-Reduktion des absoluten Vermehrungspotentiales. Sie entspricht damit den 100 %-Grenzlinien der Mortalitätsdiagramme. Zum Verständnis dieser Überlegungen sei daran erinnert, daß eine Reduktion des absoluten Vermehrungspotentiales unter den Bedingungen der freien Natur als pränataler Partialwiderstand zu bewerten ist.

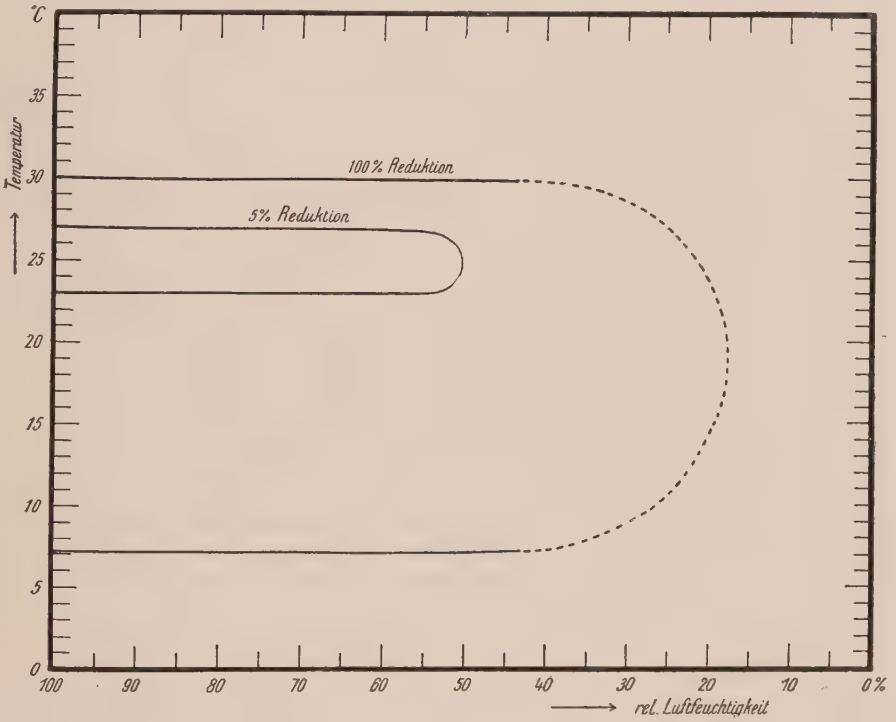


Abb. 15. Thermohygrogramm der Raupe im Hinblick auf das künftige Vermehrungspotential (schematisch).

Obwohl demnach die älteren Raupen zu ihrem individuellen Gedeihen einen verhältnismäßig großen Temperatur-Feuchtigkeitsbereich ausnützen können, so ist dieser doch im Hinblick auf die künftige höchstmögliche Eiproduktion und das Vermehrungspotential einer Population erheblich eingeschränkt — ein Gesichtspunkt, der für bevölkerungstheoretische Betrachtungen von erheblicher Bedeutung wird, sofern sich diese nicht auf eine einzige Generation beschränken, sondern eine Generationenfolge ins Auge fassen.

[1]) Vgl. hierzu Zwölfer (67), S. 541.

Änderung der Sterbewahrscheinlichkeit in aufeinanderfolgenden Generationen.

Im Sommer 1932 wurde eine Reihe von Versuchen über die Mortalität der Larve II, die bereits im Vorjahre ausgeführt worden waren, zwecks Nachprüfung der Ergebnisse wiederholt. Die Versuche liefen in beiden Jahren unter denselben Feuchtigkeits- (70—80%), Ernährungs- und annähernd auch denselben Temperaturbedingungen. Das Ausgangseimaterial stammte in beiden Fällen aus dem Freiland, und zwar aus den Beständen des Forstamtes Neustadt. Die Herkunft war demnach einheitlich. Unterschiede bestanden lediglich hinsichtlich der Generation: die Versuchstiere von 1931 waren Nachkommen der Generation 1930, die — wie schon eingangs bemerkt wurde — im ansteigenden Ast der Bevölkerungswachstumskurve lag. Die Versuchstiere von 1932 waren Nachkommen der Generation 1931, in welchem der Sättigungsgrad der Bevölkerungsdichte am Herkunftsort erreicht wurde. Sie entstammten mithin dem Höhepunkt der Kalamität.

Die Versuchsergebnisse beider Jahrgänge, die in der folgenden Tabelle enthalten sind, lassen in allen Fällen gleichsinnige Abweichungen erkennen, so daß hier eine Gesetzmäßigkeit vorliegen dürfte.

Temperatur °C		5,8°	7,0—7,3°	10,4—10,9°	12,6°	13,7—13,9°	16,8—17,1	18,3—18,8°	20,7—21,2°	22,5°	23,5—23,7°	26,0—27°	30,5°	32,5°	35,5°	36,7—37,7°
Versuchsreihen 1931 1. 6.—7. 8.	n	36	31	—	30	—	53	30	30	30	60	30	60	—	30	—
	Mort. %	100	55	—	3	—	0[1]	3	0	10	0	3	2[1]	—	100	—
1932 30. 5.—15. 7.	n	—	47	48	—	36	43	41	40	—	40	57	—	50	—	50
	Mort. %	—	60	6	—	6	14	44	8	—	18	25	—	24	—	100

Zufolge dieser Daten ist die prozentuale Sterblichkeit in der Versuchsreihe 1932 durchweg höher als in jener von 1931. Die Unterschiede sind zum Teil erheblich. Auffallend ist auch die vergleichsweise große Unregelmäßigkeit der Ergebnisse von 1932. Die Erscheinung ist nicht nur bevölkerungstheoretisch sondern auch versuchstechnisch von Bedeutung und verdient weitere systematische Nachprüfung. Sie zeigt jedenfalls, daß der Vergleich von Versuchsergebnissen sowohl bei Ausgangsmaterial ver-

[1]) Mittel aus 2 Versuchen. Die Abweichung vom Mittel beträgt in den 3 obigen Fällen (von links nach rechts): ±0%; ±0%, ±1,7%.

schiedener Herkunft, als als auch bei solchem verschiedener Generationen, nur bedingt zulässig ist.[1])

Es gibt mehrere Möglichkeiten zur Erklärung des Phänomens. Am wahrscheinlichsten ist jene einer Änderung erblicher Eigenschaften. Da sie vorerst rein spekulativer Art sind und der experimentellen Begründung entbehren, erübrigt es sich näher hierauf einzugehen. —

Folgerungen für die Bevölkerungslehre der Nonne.

Im vorstehenden ist versucht worden, an Hand experimenteller Daten — sie umfassen die Ergebnisse von rund 550 Einzelversuchen mit 30 000 Versuchstieren — den Anpassungsbereich der einzelnen Entwicklungsstufen von *Lymantria monacha* im Hinblick auf den Temperatur-Feuchtigkeitsfaktor darzustellen. Lediglich für das Imaginalstadium (Kopula, Eiablage) war die experimentelle Ermittlung entsprechender Bedingungen noch nicht gelungen.

Nach dem Minimumgesetz[2]) ist für Änderungen der Bevölkerungsdichte einer Art jene Entwicklungsstufe von größter Bedeutung, die die geringste ökologische Valenz besitzt. Es versteht sich von selbst, daß allen weiteren Stadien, die vergleichsweise geringe Valenzwerte aufweisen, in dieser Hinsicht ebenfalls eine gewisse Rolle spielen — eine Bedeutung, von der anzunehmen ist, daß sie sich in der Reihenfolge der Valenzwerte abstuft.

In der Fassung des Minimumgesetzes bezieht sich der Begriff ökologische Valenz zunächst auf die Gesamtheit der Umweltfaktoren — also auf die klimatische, chtonische und biotische Faktorengruppe zugleich. Für die Wirkung einer einzigen dieser drei Gruppen ist sinngemäß die entsprechende partielle ökologische Valenz entscheidend. Auf die klimatische Faktorengruppe im besonderen angewandt, sind demnach die Stufen mit geringster Valenz gegenüber den Hauptklimafaktoren für Änderungen der Bevölkerungsdichte maßgebend.

Als Hauptklimafaktoren in diesem Sinne haben nach allem, was darüber bis jetzt bekannt geworden ist, Temperatur und Luftfeuchtigkeit zu gelten. Ihr Einfluß betrifft in erster Linie den für alle Lebensfunktionen wichtigen Wasserhaushalt und damit das Gedeihen eines Organismus.

Wird als Maß der partiellen ökologischen Valenz der einzelnen Stufen ihre Mortalität unter konstanten Temperatur-Feuchtigkeitskombinationen herangezogen, so ist eine erhebliche Änderung dieser Valenz während der einzelnen Lebensabschnitte der Nonnenentwicklung unverkennbar: Von der Embryonalentwicklung des Eies angefangen, nimmt sie zunächst ab, erreicht im ersten Larvenstadium ein Minimum und steigt alsdann von der II. Larvenstufe ab ziemlich unvermittelt wieder stark an. Wird das Minimumgesetz lediglich auf die Verhältnisse einer einzigen Generation bezogen, so ist in dieser das erste Larvenstadium die Stufe mit geringster partieller ökologischer Valenz gegenüber den Hauptklimafaktoren.

Dies Bild verschiebt sich, wenn man eine Folge von Generationen ins Auge faßt. Eine derartige Betrachtungsweise ist für bevölkerungs-

[1]) Dieselbe Folgerung ergibt sich aus Shelfords (51a) experimentellen Befunden an *Blissus leucopterus* Sag.

[2]) Thienemann (54).

theoretische Überlegungen unerläßlich, da das Wachstum von Populationen, insbesondere der Gang einer Massenvermehrung sich stets über mehrere Generationen erstreckt. In diesem Zusammenhang spielt die Anzahl der von den Imaginalstadien gezeugten Nachkommen eine wesentliche Rolle. Wie bei früherer Gelegenheit im einzelnen gezeigt wurde,[1]) kann sie als Vergleichsmaß der ökologischen Valenz der Imago dienen. Nun fehlen zwar im Gang der vorliegenden Untersuchungen experimentelle Daten der optimalen Bedingungen für das Zustandekommen von Kopula und Eiablage der Falter. Es konnte jedoch nachgewiesen werden, das zur Entfaltung einer maximalen Nachkommenproduktion der Imaginalstufe schon im vorausgehenden Raupenleben gewisse Voraussetzungen erfüllt sein müssen[2]) (Abb. 7 und Abb. 15).

(Die diesbezüglichen Versuche betreffen das gesamte Raupenleben. Wie schon erwähnt, dürfte der Einfluß der in Frage kommenden Bedingungen allein während des älteren Raupenlebens zur Erzielung der späteren Höchstproduktion an Nachkommen ausreichen, da die Speicherung der Reserven für die künftigen Geschlechtsprodukte hauptsächlich in die Zeit der älteren Raupenstadien fällt. Auch der Sexualindex scheint erst im älteren Raupenleben eine Verschiebung zu erfahren.[3]) Im einzelnen wären durch spätere Untersuchungen die für die Maximalentfaltung des Vermehrungspotentials in Betracht kommenden Stadien schärfer abzugrenzen.)

Wird der Bereich geringster Mortalität der einzelnen Stufen unter diesem Gesichtspunkt mit jenem der geringsten Reduktion des „absoluten" Vermehrungspotentials verglichen — sie entsprechen der Wirksamkeit geringster post- und pränataler Partialwiderstände —, so zeigt sich, daß der letztere die engste Temperatur-Feuchtigkeitszone umfaßt. Die Zusammenstellung ist in Abb. 16 durchgeführt. Sie bedarf nach dem Gesagten keiner weiteren Erläuterung. Neben dem Bereich der 5% Reduktion des Vermehrungspotentiales ist jener der 5prozent. Sterblichkeit von Larve I relativ eng begrenzt. Der entsprechende Bereich des Eies während seiner Schlüpfperiode folgt mit geringem Abstand, während für die übrigen Lebensabschnitte die betreffenden Zonen vergleichsweise groß sind. — Im Hinblick auf klimatische Faktoren sind demnach die älteren Raupenstadien gleichsam das kritische Stadium I. Ordnung. Es folgt in dieser Abstufung Larve I als kritisches Stadium II. Ordnung und endlich das Ei während seiner Schlüpfperiode als kritisches Stadium III. Ordnung. Dieser Einteilung folgend, lassen sich die entsprechenden Lebensabschnitte der Nonnenentwicklung

[1]) Vgl. Zwölfer (67) S. 541.

[2]) Dieser letztere Gesichtspunkt wurde bei meinen früheren Studien über die Kieferneule, *Panolis flammea* Schiff., andeutungsweise erwähnt (Zwölfer [67]). Doch unterblieb damals aus technischen Gründen die experimentelle Feststellung, ob die im Raupenleben wirkenden Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse das spätere Vermehrungspotential der Art beeinflussen. Es hegen mehrere Gründe vor, anzunehmen, daß dies auch für *Panolis flammea* zutrifft: so beispielsweise die Feststellung von Krulikowski (zit. nach Bachmetjew [2]), daß Kieferneulenfalter südlicher Gegenden größer als solche nördlicher Gebiete sind.

[3]) Vgl. die Versuchsdaten für L. VI. in Tabelle S. 35.

sinngemäß als kritische Zeiten I., II. und III. Ordnung bezeichnen. Bevölkerungstheoretisch ist dabei stets an die Hauptzeit des Auftretens der betreffenden Stufen zu denken.

Ob und welche Bedeutung in diesem Zusammenhang die Zeit der Kopula und Eiablage der Nonne besitzt, konnte experimentell noch nicht geklärt werden.

Die vorgetragenen Überlegungen haben zur selbstverständlichen Voraussetzung, daß im Verbreitungsgebiet der Nonne die zum Abschluß der Gesamtentwicklung erforderliche Temperatursumme zur Verfügung steht. Wo dies nicht der Fall ist — normalerweise in Hochlagen und jenseits der nördlichen Verbreitungsgrenze — ist naturgemäß die Existenz der Nonne unmöglich. Knoches (29) Beobachtungen über das Ausbleiben der Embryonal-

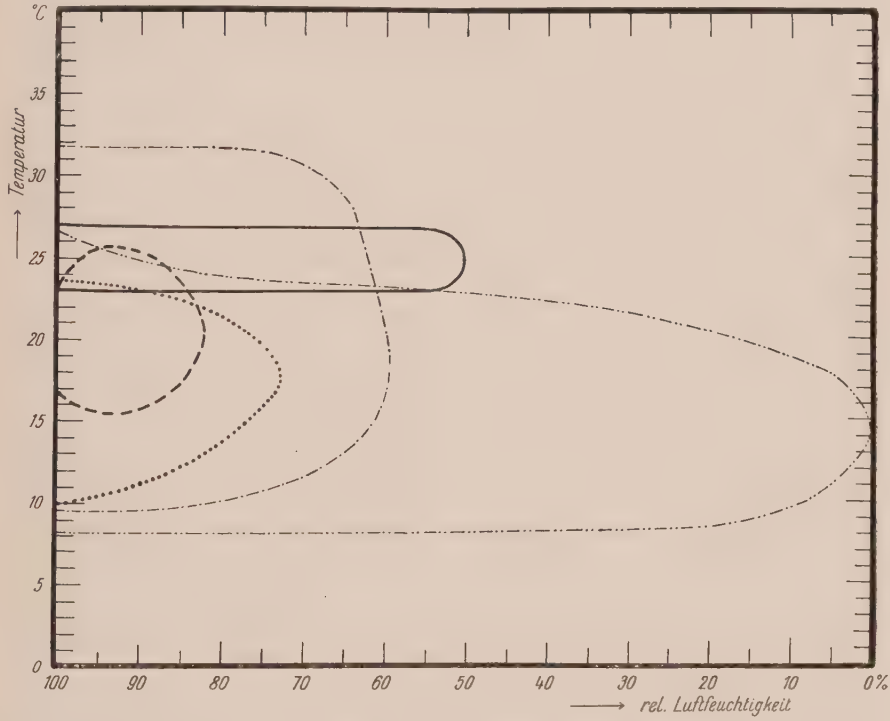


Abb. 16. Der optimale Bereich verschiedener Entwicklungsstufen.
——— Altraupe im Hinblick auf das Vermehrungspotential; — — — Larve I; ····· Ei während der Schlüpfperiode; —·—·— Larve II; —··—··— Ei während der Embryonalentwicklungszeit.

entwicklung in den Grenzlagen des Verbreitungsgebietes während eines unternormal temperierten Sommers bestätigen diesen Satz. Auch Wilkes (62) Feststellung, daß die 10,5° Septemberisotherme für die nördliche und vertikale obere Grenze der Massenvermehrungen der Nonne charakteristisch ist, weist darauf hin. Letzten Endes gilt er für jeden poikilothermen Organismus.

* * *

Nach diesen Erörterungen ergeben sich — zunächst rein theoretisch auf Grund der experimentellen Befunde — für das Zustandekommen bezw. das Ausbleiben einer Nonnenmassenvermehrung zwanglos folgende klimatische Voraussetzungen:

1. In erster Linie günstige Temperatur-Feuchtigkeitsverhältnisse während der Altraupenzeit,[1]) unter unseren Breiten den Monaten Juni und besonders Juli. Der experimentell ermittelte günstigste Temperaturbereich weist — selbst wenn man ihm nur relative Bedeutung zugesteht — auf vergleichsweise hohe Wärmegrade hin (23°—27° C). Von 20° C ab abwärts verschlechtern sich die Bedingungen erheblich und bei Temperaturen unter 16° C sind sie als ungünstig zu bezeichnen. Bezüglich der Luftfeuchtigkeit ist der günstige Bereich groß (ca. 50—100%). Die Niederschlagsverhältnisse während dieser Zeit werden demnach direkt keine entscheidende Rolle spielen. Das Endergebnis einer solchen Konstellation besteht in einer erheblichen Zunahme der künftigen Eiproduktion, einer Verschiebung des Geschlechterverhältnisses zugunsten der Weibchen und dadurch — da die Wirkung dieser beiden Größen sich multipliziert — in einer enormen Steigerung des Vermehrungspotentiales. Im Vergleich zu ungünstigen Bedingungen während dieser Zeit kann im Extrem eine Verzehnfachung der Nachkommenproduktion erfolgen! Auffallend bemerkbar wird sich die Auswirkung derartig günstiger Wetterlage erst im Folgejahr in stark vermehrter Raupenzahl und gesteigerter Fraßtätigkeit machen.

2. Günstige Temperatur-Feuchtigkeitsbedingungen während der Hauptzeit des Auftretens der Larve I,[1]) unter unseren Breiten meist der Monat Mai. Die experimentell ermittelten Optimalwerte weisen mit 15,5°—25,5° C auf Temperaturen hin, die für diese Zeit übernormal warme Witterung voraussetzen.[2]) Gefordert müssen ferner werden relative Luftfeuchtigkeitsgrade zwischen 80—100%. Niederschläge während der Eiraupenzeit werden demnach keineswegs ungünstig wirken — vorausgesetzt, daß sie nicht rein mechanisch schädigen (heftige Gewitterregen, Hagelschlag).

3. Günstige Temperatur-Feuchtigkeitsbedingungen während der Schlüpfperiode des Eies, unter unseren Breiten die Zeit von Mitte April bis Mitte Mai. Optimal sind in dieser Periode Temperaturen zwischen 10—25,5° C und Feuchtigkeitswerte zwischen rund 70—100%. Niederschläge während dieser Zeit sind demnach direkt nicht ungünstig. —

Wie weit die Umgrenzung der optimalen Temperatur-Feuchtigkeitsbedingungen zur Zeit der Kopula und Eiablage reicht, wurde experimentell nicht festgestellt. Sedlaczeks (45) Freilandbeobachtungen zeigen, daß

---

[1]) Genauere Daten zur Phänologie der einzelnen Stadien teilt Wellenstein (59) mit. — Der Beginn der Schlüpfperiode des Eies im weiteren Sinn ist etwa 10—14 Tage früher anzusetzen, als aus seinen Diagrammen hervorgeht. Diese umfassen nur den Schlüpfakt, der das Ergebnis vorausgehender Temperatur- und Luftfeuchtigkeitseinflüsse ist.

[2]) Großklimamittelwert (19jährig) für Mai und Koburg (10 km vom Neustadter Nonnengebiet entfernt): 11,8° C. In den 19 Jahren lagen 10 Maitemperaturmittel über diesem Wert. Höchstes Maimittel 1931 mit 16,1° C. (Die Zahlen sind auf Grund der Wellensteinschen Klimatabellen berechnet.) Sachlich richtiger wäre in diesem Zusammenhang die Berücksichtigung von Extensodaten, da die Hauptzeit der Larve I sich nur über einen Teil des Monats Mai erstreckt. Leider standen sie mir nicht zur Verfügung.

Temperaturen von 18° C und Luftfeuchtigkeitsgrade um 70% für das Schwärmen günstig sind. Bei Temperaturen unter 15° C hört der Flug der Nonne auf. —

Die hier genannten Zahlenwerte repräsentieren extrem günstige Bedingungen. Geringe Abweichungen von ihnen wirken noch keineswegs hemmend auf das Bevölkerungswachstum der Nonne. Je nachdem sich die örtlichen Bedingungen ihnen mehr oder minder weit nähern, und die Witterungskonstellation in den kritischen Zeiten durch mehrere aufeinanderfolgende Jahre hindurch gleichsinnig günstig liegt, wird das Maximum der Bevölkerungsdichte — der Sättigungsgrad — früher oder später erreicht werden und das Bevölkerungswachstum rascher oder langsamer vonstatten gehen. Hinreichende Ausgangsbevölkerungsdichte und optimale biotische Bedingungen (Nahrungsfaktor) werden dabei selbstverständlich vorausgesetzt. Bei sehr dünner Ausgangsbesiedlung kann ein einziges Jahr mit günstiger Witterungskonstellation während der kritischen Zeiten noch keine Massenvermehrung zur Folge haben.

Folgen beispielsweise die für Larve I und die Schlüpfperiode genannten günstigen Bedingungen auf Jahre mit extrem warmer Sommerwitterung, so wird die gesteigerte Nachkommenproduktion des einen Jahres im nächsten Jahr zur vollen Auswirkung gelangen. Sind hingegen die Frühjahrsverhältnisse extrem ungünstig, dann kann — wenigstens theoretisch — die gesteigerte Nachkommenproduktion des warmen Sommers durch Verluste während der Schlüpfperiode des Eies, mehr aber noch durch solche während des I. Larvenstadiums wieder ausgeglichen werden. Findet eine ununterbrochene Folge von Jahren mit günstiger Wetterlage während der kritischen Zeiten statt, dann muß eine Nonnenbevölkerung zwangsläufig rapide anwachsen.

Dies belegt am besten ihre theoretische Vermehrungsfähigkeit unter den verschiedenen Bedingungen: unter optimalen würde die Nachkommenschaft eines Ausgangsindividuums nach Ablauf von 3 Generationen 1728000 Individuen betragen ($= 120^3$), während im Pejus, unter Sommertemperaturen von 14°—16° C die theoretische Nachkommenschaft nach Ablauf von 3 Generationen noch nicht die Zahl von 4000 Individuen erreicht. Beides unter der Voraussetzung, daß die Nachkommenschaft der 3 Generationen ohne Verluste die Imaginalreife erlangt. — Will man den wirklichen Verhältnissen näher kommen und führt man die Berechnung unter der Annahme durch, daß in beiden Fällen in allen 3 Generationen jeweils 90% der gezeugten Nachkommenschaft vor Erreichung der Imaginalreife zugrunde gehen, so würde im ersten Fall die Nachkommenschaft eines einzigen Ausgangsindividuums immer noch 1758 ($= 12^3$) Stück ausmachen, im zweiten Fall hingegen nur 3,4 Stück ($1{,}5^3$). Das ist ein mehr als 500facher Unterschied! Aus diesen Zahlen erhellt, welch große Bedeutung klimatisch bedingten Änderungen des Vermehrungspotentiales für das Bevölkerungswachstum der Nonne zukommen kann — Änderungen wie sie auf Grund der experimentellen Befunde im Bereich des Möglichen liegen. —

* * *

Soweit die auf Grund der Laboratoriumsergebnisse formulierten klimatischen Voraussetzungen für das Zustandekommen einer Massenvermehrung der Nonne! Wie liegen die Verhältnisse in freier Natur?

Überblickt man die bislang in der Nonnenliteratur vorliegenden klimatologisch-statistischen Feststellungen und sonstige hierher gehörige Beobachtungen — auf deren Deutung und Auslegung von seiten der verschiedenen Autoren kommt es in diesem Zusammenhang zunächst nicht an —, so zeigt sich, daß sie sich überraschend gut mit obigen theoretischen Voraussetzungen decken. Nichts unter ihnen widerspricht unmittelbar den gezogenen Schlüssen:

Unter Heranziehung von Brückners Studien über periodische Klimaschwankungen weist Zederbauer (66) ganz allgemein nach, daß Massenvermehrungen der Nonne „fast alle in trockene, warme Klimaperioden fallen“[1]) (und in Gebiete mit durchschnittlich 400 bis 1000 mm Niederschlag). „Besonders charakteristisch“ ist nach seinen Untersuchungen „die Juliisotherme von 16° C als nördliche und als vertikale obere Grenze des Auftretens von Massenvermehrungen der Nonne“.[2]) Auf „Dürrejahre“ sind in Nonnengebieten mit Sicherheit Massenvermehrungen zu erwarten. Knoche (29) ergänzt Zederbauers Angaben durch den Hinweis, daß nach den heißesten Sommern dieses Jahrhunderts, den Jahren 1904, 1911 und 1921 im Folgejahr mehr oder minder ausgedehnter Nonnenfraß in den verschiedensten Gegenden einsetzte.

So trat nach 1904 in Sachsen, Böhmen und Mähren[3]) 1905 eine intensive bis 1910 anhaltende Massenvermehrung ein. Auf den heißen Sommer 1911 folgten 1912 in Hannover und Braunschweig starke Fraßschäden. Der extrem heiße Sommer 1921 hatte in Sachsen in den Folgejahren 1922—1924 ein außerordentliches Anschwellen des Nonnenfraßes nach sich gezogen und auch im böhmischen Nonnengebiet wurde 1922 der Hauptfraß verzeichnet (letzteres nach Komarek [31]).

In den Jahren 1930 und 1931, die auf den warmen Sommer 1929 — also ein gutes Weinjahr! — folgten, war in zahlreichen bayrischen Forstämtern zufolge der einlaufenden Meldungen und eigener Waldbeobachtungen ein stärkeres Auftreten der Nonne bemerkbar. Deutlich trat dies in den Kiefernwaldungen Mittelfrankens bei der Eulenkampagne 1930 und 1931 und den damit verbundenen Probestammfällungen in Erscheinung. Zu ernstlichen Fraßschäden kam es hier nicht, ebensowenig im württembergischen Forstamt Leutkirch aus dem Henze (23) für 1930 und 1931 stärkeres Nonnenauftreten meldete. Massenvermehrung und Kahlfraß durch Nonne trat hingegen in diesen beiden Jahren in

---

[1]) Dies Resultat wird neuerdings von Eidmann (15a) bestätigt. Der Genannte bringt die periodischen Klimaschwankungen mit Sonnenfleckenperioden in Zusammenhang — worauf auch schon von anderer Seite früher hingewiesen worden ist (Simroth, Bodenheimer [7] u. a.). Diese an sich interessante Feststellung bedeutet keine Klärung des Problems „Klima und Massenvermehrung“ sondern, seine Verschiebung in das Gebiet der Meteorologie, worauf auch Bodenheimer schon hinweist.

[2]) Wilke (62) bezweifelt das „besonders charakteristische“ der 16° Juliisotherme und hält die 10,5° Septemberisotherme als Nordgrenze der horizontalen und obere Grenze der vertikalen Verbreitung für bedeutungsvoller. Eine exakt scharfe Abgrenzung in diesem Sinne ist überhaupt nicht möglich, wenn berücksichtigt wird, daß alle Isothermen langjährigen Mittelwerten entsprechen. In einzelnen Jahren oder auch Perioden sind beträchtliche Verschiebungen sowohl in horizontaler wie auch in vertikaler Richtung möglich (vgl. auch Knoche [30]). Im übrigen findet die 16° Juliisotherme als Grenze ihre Erklärung in dem Umstand, daß bei Temperaturen unterhalb 16° C das Vermehrungspotential der Nonne stark eingeschränkt ist, die 10,5° Septemberisotherme deutet demgegenüber an, daß die zum Abschluß der Embryonalentwicklung erforderliche Wärme unterhalb dieses Isothermenwertes nicht zur Verfügung steht.

[3]) Der böhmische und mährische Fraß von 1905 wurde auch schon von Zederbauer als Folge des Dürrejahres 1904 angesprochen.

den Bayrischen Forstämtern Neustadt b. Koburg und Freudenberg i. d. Oberpfalz ein. In beiden Fällen weisen die Forstamtsberichte den erstmals erheblich verstärkten Fraß der Nonne für 1930 nach

Auf den Eintritt extrem warmer Sommermonate (Juni/Juli) als Voraussetzung für das Zustandekommen einer Massenvermehrung der Nonne weisen auch Leutholds (33) und Wellensteins (59) klimatologisch-statistische Erhebungen hin.

Zusammenfassend ist aus diesen Daten zu entnehmen, daß auf Jahre mit übernormal warmer Sommerwitterung solche mit mehr oder minder ausgedehnten Bevölkerungsvermehrungen der Nonne in ihrem Verbreitungsgebiet folgen.

Diese Tatsachen stehen in voller Übereinstimmung mit der obigen, experimentell begründeten Hauptforderung für das Zustandekommen einer Nonnenvermehrung: Hohe Wärmegrade während der Altraupenzeit.

Ob diese auch unter Freilandbedingungen zu einer Steigerung von Puppengewicht, Eizahl und Sexualindex führen — wie das der experimentelle Befund erfordert —, läßt sich an Hand der vorliegenden Literaturangaben nicht überzeugend nachweisen. Wenn derartiges in freier Natur bislang kaum beobachtet wurde, so wohl deshalb, weil die Erscheinung in die Vorbereitungszeit der Kalamität fällt, in welcher erfahrungsgemäß ein Schädling selten beachtet zu werden pflegt. Knoches (30) Hinweis auf die württembergischen Sammeldaten, die für den warmen Sommer 1929 eine beträchtliche Zunahme der Weibchen, stellenweise sogar ein Überwiegen der Weibchen verzeichnen, liegt bezüglich des Sexualindex jedenfalls ganz im Sinn der theoretischen Forderung. Hinsichtlich Puppengewicht und Eizahl sind wir bis jetzt auf Voelkels (58) vorläufige Mitteilung angewiesen, derzufolge „bei der Vorbereitung zu einer Massenvermehrung Größe und Gewicht der Puppen ... und die Zahl der abgelegten und entwicklungsfähigen Eier" zunimmt. Diese Erscheinung, die am umfangreichen Freilandpuppenmaterial zunächst für den Kiefernspanner festgestellt wurde, konnte wie Voelkel ausdrücklich angibt, von ihm auch für die Nonne nachgewiesen werden. Ein Zusammenhang zwischen übernormal warmer Sommerwitterung und gesteigertem Puppengewicht wird von Voelkel nicht erwähnt.[1]) Aufschlußreich in dieser Hinsicht ist jedoch sein Hinweis auf die „Vorbereitungszeit" der Kalamität, die bei der Nonne, wie oben gezeigt wurde, in extrem warme Sommer fällt. —

Neben Hinweisen auf übermäßig warme Sommer als Voraussetzung einer Nonnenvermehrung finden sich in der einschlägigen Literatur auch solche, die die Bevölkerungszunahme mit der Wetterlage im Mai in Zusammenhang bringen. In der Regel wird warmes Maiwetter als günstig bezeichnet.

In diesem Sinn äußerte sich schon Pauly (38) — allerdings mehr auf Grund theoretischer Erwägungen als auf klimatologische Feststellungen gestützt. Durch das Studium 100jähriger Temperaturmittel und Niederschlagsmengen des Monats Mai will Ruzicka[2]) festgestellt haben, daß hohe Durchschnittstemperaturen während dieses Monats die Nonnenvermehrung in Fichtenwäldern höherer Lagen begünstigt. Bei niederen Mitteltemperaturen des Mai soll die Vermehrung in „warmen Kiefernwäldern" der Niederungen erfolgen.

[1]) Soweit das aus der kurzen Mitteilung Voelkels entnommen werden kann, will er das Phänomen durch innere Gesetzmäßigkeiten erklärt wissen. Eine Diskussion seiner Auffassung ist erst nach Erscheinen der angekündigten ausführlichen Arbeit am Platze.

[2]) Zitiert nach Komarek (31). Orginal Tschechisch.

Komarek (31) hält auf Grund seiner Zuchterfahrungen und im Hinblick auf die Entstehung von Massenvermehrungen die Eiraupe für ein besonders wichtiges Stadium und dementsprechend den Monat Mai für bedeutungsvoll. Zu demselben Ergebnis gelangen Leuthold (33) und Wellenstein (59) auf Grund klimatologisch-statistischer Untersuchungen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die in der Nonnenliteratur bislang vorliegenden Beobachtungen auf einem Zusammenhang zwischen Maiwitterung und Nonnenvermehrung hinweisen, der ganz im Sinne der zweiten theoretisch auf Grund der Experimentalbefunde erhobenen Forderung liegt: Übernormale Wärme während der Hauptzeit des Auftretens von Larve I.

Ob der Eintritt oder das Ausbleiben derartiger Witterungsverhältnisse zur Erhaltung oder Verminderung einer Eiraupenpopulation beiträgt, wie das theoretisch zu fordern ist, darüber liegen bislang nur Wellensteins (59) Freilandbeobachtungen vor: 1931 konnte eine bemerkenswerte Eiraupensterblichkeit im Neustadter Nonnengebiet nicht festgestellt werden. Wellenstein führt dies auf Unzulänglichkeiten seiner Untersuchungstechnik zurück. Überprüft man jedoch seine Kleinklimadaten, so zeigen diese, daß damals sowohl die Temperatur als auch die Luftfeuchtigkeitsverhältnisse überwiegend dem Bereich des vitalen Optimums der Eiraupe entsprechen: in der Hauptzeit des Auftretens der Larve I lagen die Tagesmittel zwischen 15—17° C im Durchschnitt bei 16° C. Die Mittelwerte der relativen Luftfeuchtigkeit schwankten zwischen 70—80 %. Eine klimatisch bedingte Eiraupensterblichkeit größeren Umfangs war demnach an seinem Beobachtungsort auch rein theoretisch nicht zu erwarten. —

Der Schlüpfperiode des Eies (April/Mai) mißt Ratzeburg (39) gewisse Bedeutung zu: gelegentlich des großen ostpreußischen Nonnenfraßes sollen 1829 durch extrem kalte Witterungsverhältnisse ungeheuere Eimengen vernichtet worden sein.[1]) Auch nach Wellensteins klimatologisch-statistischen Befunde spielt die Witterung während dieser Periode eine Rolle: ein warmer April, dem ein kalter Mai folgt, wirkt ungünstig, der umgekehrte Verlauf günstig auf Bevölkerungszunahmen. Leuthold mißt der Apriltemperatur untergeordnete Bedeutung bei.

Der Wetterlage während der Schwarmperiode (Kopula und Eiablage) wird von Sedlaczek unter Hinweis auf das Ausbleiben des Schwärmens bei Temperaturen unter 15° C ein wesentlicher Einfluß für das Zustandekommen von Massenvermehrungen zugesprochen: warmer, trockener Juli und August soll die Vermehrung begünstigen. Ähnliches äußern Leuthold und Wellenstein auf Grund ihrer statistischen Erhebungen.

Daß gegenteilige Wetterlage Kopula und Eiablage nicht gänzlich verhindert, zeigt Ratzeburgs (39) Beobachtung, derzufolge im Sommer 1838, in welchem während der Flugzeit der Nonne „nicht ein einziger Tag ganz warm und freundlich war", ihr Schwärmen und ihre Eiablage nicht unterblieb.

---

[1]) Knoche deutet das Absterben der Eier als Nachwirkung ungünstiger Temperaturverhältnisse während der Embryonalentwicklungszeit des voraufgehenden Sommers. Da Ratzeburg keinerlei Angaben über den Zustand der Embryonalentwicklung dieser Eier mitteilt, ist die Frage, ob sie durch die Witterungsverhältnisse des vorausgehenden Sommers oder die Frühjahrskälte vernichtet wurden nicht mehr zu klären.

Kurz zusammengefaßt ergeben die vorstehenden Erörterungen folgendes Bild: Die experimentellen Ergebnisse lassen erkennen, daß ein direkter Einfluß des Klimas auf die Massenvermehrung der Nonne besteht. Folgerichtig ausgelegt zeigen sie, daß von entscheidendem Einfluß in dieser Hinsicht die Witterungskonstellation im Juni und insbesondere im Juli sein muß. Hohe Wärmegrade während dieser Zeit führen zu einer Steigerung von Eiproduktion und Sexualindex und damit zu einer bedeutenden Zunahme des Vermehrungspotentiales. Wichtig ist weiterhin die Witterung während der Hauptzeit des Auftretens der Eiraupe und bis zu gewissem Grade auch jene während der Schlüpfperiode des Eies. Relativ hohe Wärmegrade während dieser Zeitabschnitte ermöglichen der Mehrzahl dieser Stadien die Erreichung der zweiten Larvenstufe, die gegen direkte Klimaeinflüsse schon große Widerstandsfähigkeit besitzt. Ob den klimatischen Verhältnissen während der Schwarmzeit und Legeperiode größere Bedeutung beizumessen ist, konnte experimentell nicht ermittelt werden.

Die Versuchsergebnisse und ihre richtige Interpretation werden durch Freilandbeobachtungen und klimatologisch-statistische Feststellungen der einschlägigen Literatur weitgehend bestätigt. —

Zweck der vorliegenden Untersuchung war, die Beziehungen zwischen Klima und Nonnenvermehrung experimentell zu begründen. Dabei wurde zunächst die unmittelbare Wirkung einiger klimatisch besonders wichtiger Faktoren auf die Nonne ins Auge gefaßt. Die mittelbaren Einflüsse des Klimas auf die Nonne, desgleichen jene, die durch biotische Faktoren bedingt sind, werden in ihr nicht berührt. Daß auch diese Einflüsse zumal der Nahrungsfaktor das Wachstum einer Nonnenbevölkerung erheblich modifizieren können, wird bei anderer Gelegenheit im einzelnen nachgewiesen werden.

Literatur.

1. Altum, B, Forstzoologie. Bd. III, Insekten. Berlin 1881.
2. Bachmetjew, P., Experimentelle entomologische Studien. Bd. I, Leipzig 1901; Bd. II, Sophia 1907.
3. Barbey, A., Traité d'Entomologie Forestière. 2. édit. Paris 1925.
4. Boas, J. E. V., Dansk Forstzoologi. Kopenhagen 1923.
5. Bock, F., Versuche über den Gaswechsel bei Insekten und deren Bedeutung für Fragen der angewandten Entomologie. Zeitschr. f. ang. Ent. Bd. 16, 1930, S. 357 bis 376.
6. Bodenheimer, F. S., Welche Faktoren regulieren die Individuenzahl einer Insektenart in der Natur. Biol. Zentralbl. Bd. 48, 1928, S. 714—739.
7. — — und Mitarbeiter, Epidemiologische, ökologische und physiologische Studien über die afrikanische Wanderheuschrecke *Schistocerca gregaria* Forsk. Zeitschr. f. ang. Ent. Bd. 15, 1929, S. 435—557.
8. — — Der Massenwechsel in der Tierwelt. — Grundriß einer allgemeinen tierischen Bevölkerungslehre. In: Arch. Zool. Italiano Vol. XVI, S. 98—111. — Padua 1931.

9. Bodenheimer, F. S., Ökologische Beobachtungen an *Cimbex quadrimaculata* (Hym. Tenthr.) in Palästina. — Zeitschr. f. Pflanzenkr. Bd. 42, S. 351—363. 1932.
10. Chapman, R. N., Animal Ecology. New York and London 1931.
11. Eckstein, K., Zur genaueren Kenntnis der Nonneneier. Forstl. Naturw. Zeitschr. Bd. 3, 1894, S. 191—192.
12. — — Die Nonne. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. Bd. 33, 1901, S. 711—719.
13. — — Die Schmetterlinge Deutschlands mit besonderer Berücksichtigung ihrer Biologie. Bd. 2, Stuttgart 1915.
14. — — Die Schmetterlinge. Wiesbaden 1922.
15. Eidmann, Morphologische und Physiologische Untersuchungen am weiblichen Genitalapparat der Lepidopteren, Teil II. Zeitschr. f. ang. Ent. Bd. 18, 1931, S. 57—112.
15a. — — Zur Kenntnis der Periodizität der Insektenepidemien. Zeitschr. f. ang. Ent. Bd. 18, 1931, S. 537—567.
16. Eliescu, G., Beiträge zur Kenntnis der Morphologie, Anatomie und Biologie von *Lophyrus pini* L., Teil II. Zeitschr. f. ang. Ent. Bd. 19, 1932, S. 188—206.
17. Escherich, K., Tote Nonneneier. Naturw. Zeitschr. f. Forst- u. Landw. Bd. 9, 1911, S. 237—246.
18. — — Nonnenprobleme. Ibid. Bd. 10, 1912.
19. — — Die Forstinsekten Mitteleuropas, Bd. I 1914, II 1923, III 1931. Berlin.
20. — — Das Neue Gesicht der Forstentomologie. Forstw. Zentralbl. Bd. 52, 1930, S. 525—546.
21. Goldschmidt, R., Erblichkeitsstudien an Schmetterlingen III. Der Melanismus der Nonne, *Lymantria monacha* L. Zeitschr. f. ind. Abstammungs- u. Vererbungsl. Bd. 25, 1921, S. 89—163.
22. — — Die sexuellen Zwischenstufen. Berlin 1931.
23. Henze, Achtung, Nonne! Silva Bd. 18, 1930, S. 134.
24. Hesse, R., Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. Jena 1924.
25. Hofmann, Ch., Der Einfluß von Hunger und Lebensraum auf Wachstum und Fortpflanzung von Lepidopteren. Zeitschr. f. ang. Ent. Bd. 29, 1933.
26. Hering, M., Biologie der Schmetterlinge. Berlin 1926.
27. Judeich, J. F., und Nitsche, H., Lehrbuch der mitteleuropäischen Forstinsektenkunde, Bd. II. Wien 1895.
28. Knoche, E., Nonnenstudien. Naturw. Zeitschr. f. Forst- u. Landw. Bd. 10, 1912, S. 85—138.
29. — — Schädling, Klima und Bekämpfung. Arb. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Bd. 16, 1929, S. 705—775.
30. — — Klima und Nonne. I. Die Entwicklungsruhe des Embryo. Ibid. Bd. 20, 1932, S. 193—235.
31. Komárek, J., Mniskova Kalamita V Letech 1917—1927. (Die Nonnenkatastrophe in den Jahren 1917—1927.) Tschechisch mit deutscher Zusammenfassung. Prag 1931, 256 S.
32. Lenz, F., Lebensraum und Lebensgemeinschaft. Math.-Naturw.-Techn. Bücherei, Bd. 27. Frankfurt a. M. und Berlin 1931.
33. Leuthold, Fichtenkulturwald und Massenvermehrung der Nonne. Tharandter Forstl. Jahrb. Bd. 82, 1931, S. 53—81.
34. Loos, K., Versuche und Untersuchungen über Gewichte, Maße und Vertilgungsmittel an Nonneneiern und sonstige Beobachtungen. Centralbl. f. d. ges. Forstw. Bd. 48, 1922, S. 110—135.
35. Martini, E., Zur Terminologie in der Lehre vom Massenwechsel der Organismen. Zeitschr. f. ang. Ent. Bd. 18, 1931, S. 440—459.
36. Metzger, A., und Müller, N. J., Die Nonnenraupe und ihre Bakterien. Berlin 1895.
37. Nüßlin, O., und Rhumbler, L., Forstinsektenkunde, 4. Aufl. Berlin 1927.

38. Pauly, A., Die Nonne, *Liparis monacha*, in den bayerischen Waldungen 1890. Frankfurt a. M. 1891.
39. Ratzeburg, J. Th. Ch., Die Forstinsekten, Teil II. Berlin 1840.
40. — — Die Waldverderber und ihre Feinde, 7. Aufl. Berlin 1876.
41. Reh, L., Tierische Schädlinge an Nutzpflanzen. In: Handb. d. Pflanzenkrankheiten Bd. IV, Teil I. Berlin 1925.
42. Ruzicka, J., Einige Gedanken zur Nonnenforschung. Anz. f. Schädlingsk. Bd. 7, 1931, S. 81—82.
43. Schimitschek, E., Beobachtungen bei dem Auftreten und der Bekämpfung der Kieferneule, *Panolis flammea* Schiff., in Nieder-Österreich 1930 und 1931. Centralbl. f. d. ges. Forstw. Bd. 57, 1931, S. 321—406.
44. Schulze, H., Über die Fruchtbarkeit der Schlupfwespe *Trichogramma evanescens* Westw. Zeitschr. Morph. Ökol. Tiere Bd. 6, 1926, S. 553—585.
45. Sedlaczek, W., Die Nonne, *Lymantria monacha* L. (Studien über ihre Lebensweise und Bekämpfung.) Centralbl. f. d. ges. Forstw. Bd. 35, 1909, S. 145—164, 193—212, 242—261.
46. — — Studien über den Flug des Nonnenfalters. Ibid. Bd. 37, 1911, S. 18—27, 63—78.
47. Seiler, J., Das Verhalten der Geschlechtschromosomen bei Lepidopteren. Arch. f. Zellforsch. Bd. 13, 1915, S. 159—269.
48. — — und Haniel, C. B., Das verschiedene Verhalten der Chromosomen in Eireifung und Samenreifung von *Lymantria monacha* L. Zeitschr. f. ind. Abstammungs- u. Vererbungsl. Bd. 27, 1922, S, 81—103.
49. Simroth, H., Über den Einfluß der letzten Sonnenfleckenperiode auf die Tierwelt. Verhandl. D. Zool. Ges. 17. Jahresvers. Leipzig 1907.
50. Shelford, V. E., An Experimental Investigation of the Relations of the Codling Moth to Weather and Climate. Bull. Ill. Nat. Hist. Surv. Bd. 16, 1927, S. 311—440.
51. — — Laboratory and Field Ecology. London 1929.
51a. — — An experimental and observational study of the Chinch Bug in relation to climate and weather. — In: St. of Ill. Dep. Reg. Ed. Natural History Survey Vol XIX, Urbana 1932 S. 487—547.
52. Sprengel, L., Über Zustand und Entwicklung der Eier in den Ovarien geschlüpfter Lepidopteren. Anz. f. Schädlingsk. Bd. 4, 1928, S. 25—30.
53. Standfuß, M., Handbuch der Paläarktischen Groß-Schmetterlinge. Jena 1896.
54. Thienemann, A., Der Nahrungskreislauf im Wasser. Verhandl. D. Zool. Ges. 31. Vers. Leipzig 1926.
54a. Titschak, E., Untersuchungen über den Temperatureinfluß auf die Kleidermotte. (*Tineola biselliella* Hum.) — Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 124, 1925, S. 213—251.
55. Trägårdh, J., Sveriges Skogs-Insekter. Stockholm 1914.
56. Tubeuf, C. v., Weitere Beobachtungen über die Krankheiten der Nonne. Forstl.-Naturw. Zeitschr. Bd. 1, 1892, S. 277—279.
57. Uvarov, B. P., Insects and Climate. Transact. Ent. Soc. London, Vol. 79. London 1931.
58. Voelkel, H., Vorläufige Mitteilung über den gesetzmäßigen Ablauf der Massenvermehrung von Insekten. Nachrichtenbl. f. d. D. Pflanzensch. Bd. 10, 1930, S. 44.
59. Wellenstein, G., Beiträge zur Biologie der Nonne. Im Druck. Erscheint in Zeitschr. f. ang. Ent.
60. Wachtl, F. A., und Kornauth, K., Beiträge zur Morphologie, Biologie und Pathologie der Nonne (*Psilura monacha* L.). Wien 1893.
61. Wachtl, F. A., Die Nonne, *Lymantria monacha* L. III. Aufl. Wien 1907.
62. Wilke, S., Über die Bedeutung tier- und pflanzengeographischer Betrachtungsweise für den Forstschutz. (I. Dargestellt an *Lymantria monacha* L., *Ips typographus* L.

und *Hylurgops glabratus* Zett.) Arb. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Bd. 18, 1931, S. 583–675.

63. Wolff, M., Nonnenstudien. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. Bd. 45, 1913, S. 405 bis 430, 503–522, 537–586.
64. — — Der Kiefernspanner (*Bupalus piniarius* L.). Beihefte z. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. Berlin 1913.
65. — — und Krauße, A., Die forstlichen Lepidopteren. Jena 1922.
66. Zederbauer, E., Klima und Massenvermehrung der Nonne, *Lymantria monacha* L. Mitt. Forstl. Versuchsw. Österreichs. Bd. 36. Wien 1911, S. 1—19.
67. Zwölfer, W., Studien zur Ökologie und Epidemiologie der Insekten. 1. Die Kiefern-eule, *Panolis flammea* Schiff. Zeitschr. f. ang. Ent. Bd. 17, 1931, S. 475–562.
68. — — Zur Lehre von den Bevölkerungsbewegungen der Insekten. Ibid. Bd. 19, S. 1 bis 21.
69. — — Methoden zur Regulierung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Ibid. Bd. 19, S. 497–513.

Der Einfluß von Hunger und engem Lebensraum auf das Wachstum und die Fortpflanzung der Lepidopteren.

Von

Christoph Hofmann.

(Aus dem Institut für angewandte Zoologie der Bayerischen Forstlichen Versuchsanstalt München.)

(Mit 25 Abbildungen.)

Inhalt.

Seite

I. Einleitung 52
II. Historisches 52
III. Material und Methoden 53
IV. Versuche mit *Arctia caia* L. 55
1. Raupenstadium 55
a) Hunger (Allgemeines und Methodik) 55
Intermittierender Hunger 55
Absoluter Hunger 57
b) Einengung des Lebensraumes 59
2. Falterstadium 62
a) Größe der Falter 62
b) Ovarien und Eiproduktion 64
V. Versuche mit *Lymantria dispar* L. 70
1. Raupenstadium (Allgemeines) 70
a) Hunger (intermittierender Hunger) 70
b) Einengung des Lebensraumes 72
2. Falterstadium 76
a) Größe der Falter 76
b) Ovarien und Eiproduktion 76
VI. Zusammenfassung der Resultate 80
Literaturverzeichnis 82

* * *

Einleitung.

Beim Studium der Gradationen ist die Untersuchung des Einflusses der verschiedenen Umwelteinflüsse von besonderer Bedeutung. Während der Einfluß des Klimas (Temperatur-Feuchtigkeitskombination) in den letzten Jahren von verschiedenen Autoren an den verschiedensten Objekten eingehend studiert wurde (cfr. Uvarov 1929), wurde den übrigen Faktoren durch die die Gradation beeinflußt werden kann, wie Hunger, Größe des Lebensraumes, bisher nur verhältnismäßig wenig Beachtung geschenkt. In der vorliegenden Arbeit sollen gerade diese beiden letzteren Faktoren näher untersucht werden, vor allem die Frage, wie Hunger und Lebensraum auf das Wachstum und die Fortpflanzung bezw. Nachkommenzahl wirken. Als Studienobjekte dienten Schmetterlinge.

Die Anregung zu dieser Untersuchung verdanke ich Herrn Geheimrat Prof. Dr. K. Escherich, in dessen Institut auch die Arbeit ausgeführt wurde. Es sei meinem hochverehrten Lehrer auch an dieser Stelle für das große Interesse, das er stets meiner Arbeit entgegengebracht, aufrichtig gedankt, ebenso danke ich Herrn Prof. Dr. Eidmann und Herrn Dr. Zwölfer für die reiche Unterstützung, die sie mir bei meinen Studien zuteil werden ließen. Endlich möchte ich auch Herrn Oberpräparator W. Seiff bestens danken für die ausgezeichneten photographischen Aufnahmen.

Historisches.

Es fanden sich zwar in der Literatur eine Reihe von Arbeiten über den Einfluß des Hungers auf die Nachkommenschaft bei Insekten, doch fehlten bis jetzt eingehendere Arbeiten, die die durch den Hunger hervorgerufenen anatomischen Veränderungen (Eigröße, Eiröhrenzahl- und Größe) behandelten. Desgleichen lagen bis jetzt Untersuchungen, die sich mit dem Einfluß des engen Lebensraumes auf das Wachstum der Raupen und auf die Größe und Fortpflanzungsfähigkeit der Falter, sowie mit den anatomischen Veränderungen der Ovarien, befaßten, noch nicht vor.

Aus der großen Zahl der Arbeiten, die sich mit dem Einfluß des Hungers und der Unterernährung bei Lepidopteren sowohl nach der quantitativen als auch nach der qualitativen Seite befassen, seien nur folgende genannt: Seitz (1894), Standfuß (1896), aus neuerer Zeit Titschack (1922/26) mit *Tineola biselliella* Hum., von Stscherbinovskij (1924) mit *Malacosoma neustria* L., von Parfentjev (1925) mit *Orgyia antiqua* L. und von Kopeć (1924) mit *Lymantria dispar* L. Über die Abhängigkeit der Lebensdauer von Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Hungerversuch mit frisch geschlüpften Eiraupen von *Panolis flammea* Schiff. hat Zwölfer (1931) berichtet.

Von den Arbeiten über den Hungereinfluß bei den anderen Insektenordnungen seien erwähnt: die Untersuchungen von Hase (1917) an Bettwanze und Kleiderlaus, Börners (1928) an der Reblaus, Weidling (1928) an Dipteren. Die Bedeutung, die die Feuchtigkeit neben der Temperatur im Hungerversuch hat, konnte Bodenheimer (1929) bei Hungerversuchen mit der afrikanischen Wanderheuschrecke zeigen.

Weit geringer ist die Anzahl der Arbeiten, die sich mit dem Einfluß des engen Lebensraumes auf die Insekten befassen. Die ersten Versuche mit engem Lebensraum wurden überhaupt nicht mit Insekten, sondern mit anderen Tiergruppen, besonders mit in Wasser lebenden unternommen. Als erster hat Semper (1873/1880) den Einfluß des Lebensraumes auf Wasserasseln und Teichhornschnecken untersucht. Von Untersuchungen aus der neueren Zeit, die sich mit dem Einfluß des engen Lebensraumes auf das Wachstum befassen, nenne ich lediglich die Arbeiten Bilskis (1921) mit Kaulquappen, die von Goetsch (1924/28) mit Planarien und Axolotln, ferner die Arbeit von Hesse (1927).

Als Ursache für die Wachstumshemmungen kommen nach Goetsch zwei Gruppen von Faktorenkomplexen in Frage, nämlich eine chemische und eine mechanische. Zur ersten chemischen Gruppe gehören die schädigenden Wirkungen der Exkrete, verursacht durch Stoffwechselvorgänge der Organismen. In der mechanischen Gruppe der Faktorenkomplexe wäre an erster Stelle die gegenseitige Störung zu nennen, die auf Beunruhigung und damit verbundenen erhöhten Kräfteverbrauch beruht.

Unter den Insekten gibt es nun Arten, die sich wenigstens in gewissen Stadien ihrer Entwicklung mit einem äußerst kleinen Minimum an Lebensraum begnügen, wie z. B. die meisten parasitischen Larven der Schlupfwespen, der Raupenfliegen, der Larven von Gallwespen usw. Die überwiegende Mehrzahl der Insekten beansprucht aber einen größeren Raum für das Individuum und für die Art. Gleichwohl können sich bei Parasiten Abhängigkeiten von der Größe der Wirte ergeben. So ist es bekannt, daß Zwergformen von Xylophagen, vor allem Sireciden auch viel kleinere Parasiten haben als normal große Tiere, wo dieselbe Parasitenart erheblich größer ist. Nach Bischoff (1927) soll in solchen Fällen aber mehr die Qualität und Quantität der Nahrung von Bedeutung sein. In diesem Zusammenhang soll auch gleich auf den sogenannten Superparasitismus hingewiesen werden, wo also in einem Wirt mehrere Parasiten verschiedener Art oder auch mehr als ein Ei gleicher Art in einem Wirt abgelegt wird, was nichts Seltenes und Anormales ist. In Gestalt von Konkurrenz von Schlupfwespen und Raupenfliegen ist der Superparasitismus wahrscheinlich etwas sehr Häufiges. Über die Folgen des Superparasitismus hat Fiske (1920) berichtet. Die Wirkungen des engen Lebensraumes machen sich hier deutlich bemerkbar. Bei Überinfektion durch Tachinen entwickeln sich in der Regel zwerghafte Exemplare.

Systematische Versuche über den Einfluß des engen Lebensraumes auf Insekten wurden in neuerer Zeit von Pearl (1925), Friederichs (1930) und Chapman (1927/31) unternommen. Pearl züchtete *Drosophila* in engen Behältern. Dabei zeigte sich, daß die Vermehrung abnahm, wenn die Bevölkerung zunahm und dadurch die Konkurrenz stärker wurde, und es schließlich zu einer Sättigung des Mediums kommt, worauf eine weitere Vermehrung nicht mehr stattfindet. Für verschiedene Mutanten von *Drosophila* ist die Ziffer der Sättigung verschieden. Friederichs zeigte an *Stephanoderes hampei* in Kaffeefrüchten, daß bei starker Übervölkerung viel weniger Brut entstand und daß die Gesamtbevölkerung nach einem Monat kleiner war als in dem Kontrollgefäß, wo mit wenigen Käfern begonnen war. Schließlich sind noch die Versuche von Chapman mit dem Käfer *Tribolium confusum* von besonderem Interesse. Es zeigte sich, daß in einer Zucht nach Ausschaltung der Futterkonkurrenz die Raumkonkurrenz sich dadurch bemerkbar machte, daß Larven und erwachsene Käfer die Eier und Puppen fraßen und zwar um so mehr, je mehr davon da waren, d. h. je öfter sie auf solche trafen. Starb von diesen Käfern eine gewisse Anzahl, so gelangten einige Eier zum Ausschlüpfen und diese Individuen ersetzten dann den Abgang, womit das Eierfressen wieder zunahm und so die Bevölkerungsziffer konstant gehalten wurde.

Material und Methoden.

Als Material zu den vorliegenden Untersuchungen dienten *Arctia caja* L. und *Lymantria dispar* L. Beide Arten wurden aus dem Ei gezogen, da die Einheitlichkeit des Materials von großer Bedeutung ist. Das Material von *caja* stammt zum Teil aus Bielsko (Polen) — Abteilung A —, zum Teil aus Wertingen (Schwaben) — Abteilung B —. Die Eier von *dispar* bezog ich aus Heidenheim a. Brz., ein kleiner Teil stammte aus Eimaterial des hiesigen Instituts.

Die *caja*-Raupen wurden vor der Überwinterung mit Löwenzahn und Blumenkohlblättern gefüttert, nach der Überwinterung fast ausschließlich mit Löwenzahn. Da *caja* besonders Feuchtigkeit und Wärme liebt, wurden die Raupen fast täglich mit Wasser bespritzt. Es braucht wohl kaum besonders hervorgehoben werden, daß sowohl die normal

gehaltenen als auch die experimentell beeinflußten Raupen stets Futter von der gleichen Qualität bekamen.

Was die Methodik des Hungerns bei allen zwei Arten anlangt, so bestand sie in der Mehrzahl der Fälle darin, daß die Raupen intermittierend hungern mußten. Das erfolgte in der Weise, daß die Raupen zwei Tage hungerten, dann einen Tag reichlich gefüttert wurden, dann wieder zwei Tage hungerten usw. Neben den Versuchen mit intermittierendem Hunger wurde (bei *caja*) auch noch eine Versuchsreihe angesetzt, in der dauernde Hungereinwirkung am Ende des Raupenstadiums einige Zeit vor der Verpuppung bei verschiedener Luftfeuchtigkeit untersucht wurde, und zwar im Hinblick darauf, daß bei einer Gradation der Hungereinfluß wohl auch am Ende des Raupenstadiums, wenn die Bäume kahl gefressen sind, sich am stärksten bemerkbar machen dürfte.

Hinsichtlich der Einwirkung des Lebensraumes auf die Raupen wurde folgende Versuchsanordnung getroffen:

1. In gleichgroßen Räumen wurde eine verschieden große Anzahl von Raupen gezüchtet (in folgendem als „x-Zuchten" bezeichnet).

2. In verschieden großen Räumen wurde eine gleichgroße Anzahl von Raupen gehalten („y-Zuchten").

Auch hier wurde, wie bei den Hungerversuchen, ziemlich darauf geachtet, daß alle übrigen Lebensbedingungen denen der Normaltiere gleich waren, so daß nur die Einwirkung des einen Faktors, also des engen Raumes, auf die Raupen von Einfluß war. Vor allem wurde auf eine jederzeit reichliche Ernährung das Hauptaugenmerk gerichtet.

Auf einen Umstand, der sich bei den Zuchten im engen Lebensraum zeigte, muß an dieser Stelle noch aufmerksam gemacht werden. Es stellte sich nämlich in den Zuchten, in denen Übervölkerung herrschte, eine um so größere Mortalität der Raupen ein, je stärker die gegenseitige Beengung der Tiere wurde. Diese Sterblichkeit bewirkte, daß sich der Lebensraum der übriggebliebenen Raupen vergrößerte, die Raupen also nicht mehr den anfänglichen Versuchsbedingungen ausgesetzt waren. Der Gedanke, die gestorbenen Raupen wieder aus anderen Reservezuchten zu ersetzen, wurde wieder aufgegeben, weil dadurch Tiere, die bisher unter anderen Umweltfaktoren aufgewachsen waren, in die Zucht hineingebracht worden wären. Zudem wollte ich nach Möglichkeit die Verhältnisse in der freien Natur meinen Zuchten zugrunde legen, wo ja auch kein Ersatz stattfindet, sondern eben durch Mortalität mehrerer Raupen, denen der Lebensraum zu eng wurde, das Gleichgewicht wieder hergestellt wird. Außerdem ist zu bedenken, daß die durch die Mortalität mehrerer Raupen verursachte Vergrößerung des Lebensraumes und die dadurch bedingte Regeneration der übriggebliebenen Raupen sich vor allem bei denjenigen Zuchten bemerkbar machte, in denen Überbeengung herrschte. In allen Zuchten aber, in denen die Beengung ein gewisses Maß nicht überschritt — und das war weitaus die Mehrzahl aller Lebensraumzuchten — trat gleichzeitig mit der Mortalität auch Verpuppung ein, so daß bei der überwiegenden Mehrzahl der verpuppten Tiere der Einfluß des engen Lebensraumes konsequent durchgeführt worden war. Eine bei künftigen Versuchen andere Möglichkeit, den durch Mortalität hervorgerufenen Fehler zu beseitigen, hätte vielleicht darin bestanden, die Raupen, denen wieder mehr Raum zur Verfügung stand, in einem anderen verhältnismäßig kleineren Raum weiterzuzüchten, bezw. könnte man vielleicht durch Einschieben von Wänden in das Zuchtgefäß die durch den Ausfall von Raupen entstandene Vergrößerung des Raumes wieder ausgleichen.

Bei sämtlichen Weibchen wurde nach der Eiablage noch eine genaue Untersuchung des Abdomens vorgenommen. Ein Teil der Weibchen wurde auch in frisch geschlüpftem Zustand getötet und untersucht. Die Untersuchung der lebensfrischen Teile erfolgte in physiologischer Kochsalzlösung unter dem Binocular. Als Fixationsmittel verwandte ich Bouin und das Fixierungsgemisch von Benda, eine Modifikation der Flemmingschen Lösung.

Als Färbungen kamen die üblichen Methoden in Anwendung (Hämotoxylin-Eosin, Saffranin-Lichtgrün usw.). Totalpräparate der Ovarien wurden mit Carnoy fixiert, mit Eiweißgelatine auf Glasplatten aufgeklebt und in Alkohol aufbewahrt.

Versuche mit *Arctia caja* L.

1. Raupenstadium.

a) Hunger.

Morgulis (1923) stellt verschiedene Formen oder Typen des Hungers und der Unterernährung auf:

1. physiologischer Hunger,
2. pathologische Unterernährung und
3. experimentelle Unterernährung.

Bei der letzteren unterscheidet er wieder:

1. den vollständigen Nahrungsmangel oder den absoluten Hunger,
2. die partielle Unterernährung,
3. die chronische Unterernährung und
4. die zeitweilige Unterernährung oder das intermittierende Hungern.

Beim vollständigen Nahrungsmangel ist der Organismus gänzlich auf seine Reservestoffe angewiesen. Unter partieller Unterernährung verstehen wir einen Zustand, in dem zwar die Nahrungsmenge im allgemeinen genügend groß ist, aber die Nahrung selbst infolge Fehlens von einem der zahlreichen für die Existenz des Organismus wesentlichen Stoffe eine qualitative Veränderung erfahren hat. Der Zustand der chronischen Unterernährung ist im wesentlichen durch ungenügende Nahrungszufuhr charakterisiert. Die chronische Unterernährung beruht also auf einem Kalorienmangel im Gegensatz zur partiellen Unterernährung, wo eine bestimmte Komponente in der normalen Kost fehlt. Bei der 4. und letzten Untergruppe, der zeitweiligen Unterernährung wechseln Perioden des Hungers mit solchen der normalen Ernährung ab, wobei es sehr wesentlich auf die jeweilige Dauer der beiden Perioden ankommt.

Meine Versuche bei *A. caja* bezogen sich nur auf das intermittierende und das absolute Hungern.

Methodik: Die Raupen wurden erst nach der Überwinterung Mitte April (Abt. A) 1929 bezw. April 1930 (Abt. B) den Versuchsbedingungen ausgesetzt.

Für die Hungerversuche (Abt. A) wurden in zwei Kästen mit Zinkeinsatz von 46,5 cm Länge, 29,5 cm Breite und 10 cm Höhe je 60 Raupen gehalten, von denen die einen stets reichlich gefüttert wurden (Zucht N A Normaltiere), während die anderen intermittierend hungern mußten (Zucht H A, Hungertiere). Der Deckel zeigte Drahtgazeausschnitt, der dem Licht und der Luft genügenden Zutritt bot. In der Abteilung B standen den normal gefütterten Kontrolltieren (Zucht NB I und NB II) jeweils gleiche Kästen wie der Zucht NA zur Verfügung, während die Hungertiere beim dauernden Hungern am Schluß des Raupenstadiums in 2 Glaszylindern von je 33 cm Höhe und 20 cm Durchmesser bei verschiedener Luftfeuchtigkeit gehalten wurden. Oben befand sich bei beiden Zylindern ein Drahtgazedeckel, unten standen sie auf einer Glasplatte mit Filtrierpapier auf. In dem einen Zylinder betrug der durchschnittliche Feuchtigkeitsgehalt der Luft 65%, entsprechend der Luftfeuchtigkeit im Laboratorium (Zucht HB I), in dem anderen dagegen betrug die durchschnittliche relative Luftfeuchtigkeit 90—100% (Zucht HB II). Der Feuchtigkeitsgehalt wurde in dem letzten Falle durch täglich mehrmaliges Befeuchten der Filtrierpapierunterlage erreicht.

Im folgenden werden alle Individuen aus normal gehaltenen Zuchten als N-, die aus Hungerzuchten als H-Tiere bezeichnet.

Intermittierender Hunger.

Bei *caja* machten sich die Folgen des intermittierenden Hungers einige Zeit nach Versuchsbeginn durch ein Zurückbleiben der H-Raupen im Wachstum bemerkbar, das besonders in der geringen Größe und dem geringen

Gewicht der H-Tiere gegenüber den N-Tieren zum Ausdruck kam. Abb. 1 zeigt die Größenunterschiede gleichaltriger Raupen aus den Zuchten NA und HA sehr deutlich. Außer durch den Nahrungsmangel selbst erlitten die H-Raupen noch Energieverluste durch starkes Umherlaufen während der Hungerpausen zum Zwecke der Erlangung von Futter, während die N-Raupen viel ruhiger waren.

Die Gewichtskurve (Abb. 2), die allerdings nicht bei Versuchsbeginn (Mitte April 1929) angelegt wurde, sondern erst seit 11. Mai 1929, liefert uns ein klares Bild der Gewichtsunterschiede von normalen und hungernden Raupen. Die für die Kurven gewonnenen Zahlen stellen immer das Durchschnittsgewicht von 10 Raupen dar. Kurve I (NA-Raupen) steigt viel stärker an als Kurve II (HA-Raupen). Das höchste Durchschnittsgewicht einer N-Raupe betrug 2,670 g, das einer H-Raupe nur 1,438 g. Das erste Einspinnen der N-Tiere erfolgte am 20. Mai. Kurz zuvor ist auf

Zucht NA Zucht HA

Abb. 1. Größenunterschiede gleichaltriger Normal- und Hungerraupen von *caja*. (Phot. Seiff.)

Kurve I ein kurzer Abfall zu bemerken, der sich daraus erklärt, daß die verpuppungsreifen Raupen vor dem Einspinnen die Nahrungsaufnahme einstellen und an Gewicht verlieren. Gegen Ende Mai sind alle Raupen verpuppungsreif und es beginnt dann ein Abfall der Kurve. Am 13. Juni sind alle N-Raupen verpuppt. Bei Kurve II erfolgt gleichfalls ein stetiges Ansteigen, jedoch nicht so steil wie bei den N-Tieren, wo das Wachstum rascher vor sich geht. Ferner finden wir ein häufiges Abfallen und Steigen der Kurve. Dieser Umstand mag wohl damit zusammenhängen, ob die Raupen vor der Wägung gerade gefressen hatten, oder im hungernden Zustande gewogen wurden. Die erste H-Raupe spann sich am 9. Juni ein, die zweite am 13. Juni und diesen folgten dann in Intervallen von mehreren Tagen weitere. Im übrigen zog sich die Verpuppung der H-Raupen noch über den ganzen Juni und Juli hin. Die letzte Raupe verpuppte sich erst am 7. August. Erwähnung muß hier noch der Umstand finden, daß gegen Ende des Raupenstadiums die Größe der H-Raupen teilweise stärkere Differenzen aufwies. Es ist sehr wahrscheinlich, daß dieser Umstand eine Folge der

individuellen Widerstandskraft der einzelnen Raupen gegen den Hunger darstellt.

Wir sehen also, daß die Raupenentwicklung durch intermittierenden Hunger eine beträchtliche Verzögerung erleiden kann, eine Tatsache, die auch durch andere Autoren, z. B. Kopeć (1924), Parfentjev (1925) und Weidling (1928) bestätigt wird.

Es finden sich jedoch in der Literatur auch Angaben, die aussagen, daß Hunger im Larvenstadium entwicklungsbeschleunigend wirkt. So berichtet Löwenthal (1923), um nur ein Beispiel aus neuerer Zeit zu nennen, daß bei Hunger die Larvenperiode von *Calliphora erythrocephala* um ein Viertel bis ein Drittel derjenigen Zeit abgekürzt werden

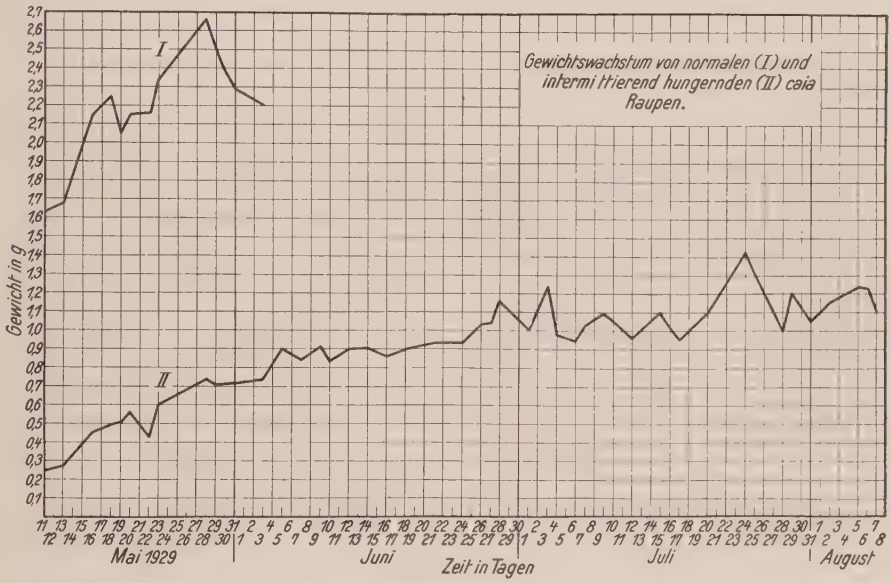


Abb. 2.

kann, die gut ernährte, gleichaltrige, bei derselben Temperatur gehaltene Larven bis zur Verpuppung brauchen.

Nach Kopeć (1922) soll das Alter der Raupen, in welchem der Hungereinfluß begann, von wesentlichem Einfluß auf den Zeitpunkt der Verpuppung sein.

Absoluter Hunger.

Der Versuch (Abt. B) mit absolutem Hunger bei erwachsenen Raupen wurde folgendermaßen angestellt: Kurze Zeit vor der Verpuppung bis zum 6. Mai 1930 waren alle Raupen normal ernährt worden. Von diesem Tage ab wurde ein Teil normal weiter ernährt (Zucht NB I), während die Zuchten HB I und HB II nach der eingangs geschilderten Versuchsanordnung dem absoluten Hunger unterworfen wurden.

Die Temperatur in allen drei Zuchten zeigte keine wesentlichen Verschiedenheiten. Sie betrug durchschnittlich 17 ° C. Daß die Temperatur bei Hungerversuchen eine große Rolle spielt, ist ohne weiteres klar; wird doch die Verdauungstätigkeit wie alle Stoffwechselvorgänge von höheren

Temperaturen beschleunigt, eine bestimmte Nahrungsmenge wird also bei niedriger Temperatur eine längere Verdauungszeit beanspruchen als bei höherer. Und so wird bei höherer Temperatur der Hungertod eher eintreten als bei niederer, die ein relativ langes Hungern ermöglicht, wie Zwölfer (1931) bei Eiraupen von *Panolis flammea* festgestellt hat.

Neben der Temperatur wurde noch die relative Luftfeuchtigkeit berücksichtigt: In der Zucht HB I betrug die relative Luftfeuchtigkeit 65%, in der Zucht HB II 90% und in der Kontrollzucht NB I durchschnittlich 85%. Die Kurven der Abb. 3 geben ein Bild von dem Verlauf der drei Zuchten. Von dem Tage an, wo die Raupen nichts mehr zu fressen bekamen, erfolgte sofort ein starker Abfall der Kurven der H-Tiere, während die Kurve der N-Tiere noch weiter ansteigt. Im weiteren Verlauf der Versuche ist bei 65% relativer Luftfeuchtigkeit eine stärkere Gewichtsabnahme der Raupen als bei 90% zu konstatieren. Desgleichen geht aus den Kurven hervor, daß bei Hunger das Raupenstadium bei 90% relativer Luftfeuchtigkeit sich länger hinzieht als bei 65%.[1])

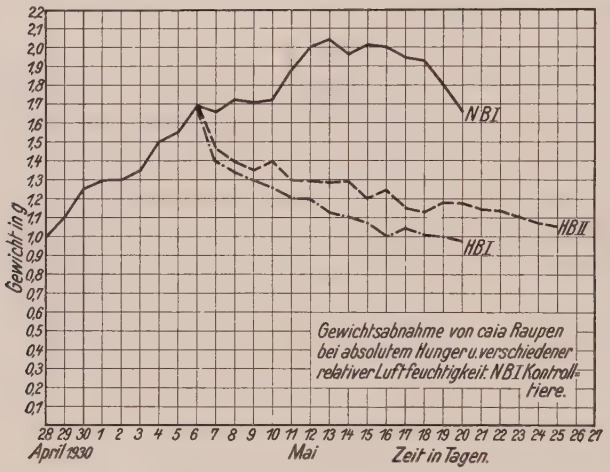


Abb. 3.

Bei den N-Tieren spann sich die erste Raupe am 12. Mai ein, in der Zucht HB I am 14. Mai, in der Zucht HB II dagegen bereits am 11. Mai. Die letzte Raupe in der Zucht NB I war am 21. Mai eingesponnen, während bei den H-Tieren in der Zucht HB I die letzte Raupe sich noch einen Tag früher, am 20. Mai, eingesponnen hatte. Bei der Zucht HB II spann sich die letzte Raupe am 26. Mai ein. Auch bei diesen drei Zuchten war kurz vor dem Einspinnen ein Gewichtsverlust der Tiere in analoger Weise wie bei den Versuchen mit intermittierendem Hungern festzustellen.

Wir sehen also, daß absoluter Hunger bei erwachsenen Raupen, falls er nicht zu früh einsetzt, keine Verzögerung der Verpuppung zur Folge hat, sondern daß vielmehr die betreffenden H-Tiere früher oder wenigstens gleichzeitig

[1]) Eine lebensverkürzende Wirkung niederer Luftfeuchtigkeitsgrade fand Zwölfer (1931) auch bei hungernden Eiraupen der Forleule. Bei der Bedeutung, die Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Hungerversuch haben, ist klar, daß die vielen Literaturangaben über die mittlere Lebensdauer bei Hunger ohne Berücksichtigung von Temperatur und Feuchtigkeit nur wenig Wert haben.

mit den N-Tieren zur Verpuppung schreiten. Es dürften sich wahrscheinlich Unterschiede daraus ergeben, ob der Hunger kürzere oder längere Zeit vor der Verpuppung einsetzt. Zu früher Beginn des absoluten Hungers birgt stets die Gefahr in sich, infolge des Absterbens der Raupen überhaupt kein Ergebnis zu zeitigen. Aus dem Versuch mit intermittierendem und absolutem Hunger ergibt sich also, daß es hauptsächlich auf das Entwicklungsstadium, in dem die Hungereinwirkung beginnt und auf den Hungertyp ankommt.

b) Einengung des Lebensraumes.

Methodik: Für die Versuche im beengten Raum wurde folgende Anordnung getroffen: In zwei Pappschachteln mit Stoffgazedeckel von 8,5 cm Länge, 5 cm Breite und 3,3 cm Höhe wurden je 10 und 20 Raupen gehalten. (Zuchten Lx 10 und Lx 20.) In einer anderen Serie mit 2 Schachteln von 6,2 cm Länge, 5,5 cm Breite und 3 cm Höhe wurden je 16 Raupen aufgezogen. (Zuchten Lx 16 a und Lx 16 b.)

Für Versuche in verschieden großem Raum aber gleicher Raupenzahl wurden je 10 Raupen in Schachteln der letzt erwähnten Größe und in Kästen von 20 cm Länge, 10 cm Breite und 10 cm Höhe gezüchtet. (Zuchten Ly 10 b und Ly 10 a.) In der Abteilung B befanden sich in 2 Drahtgazekästen (10 cm lang, 10 cm hoch, 5 cm breit), die der Luft von allen Seiten Zutritt gewährten, je 35 und 50 Raupen. (Zuchten Lx 35 und Lx 50.) Es ist vielleicht hier noch darauf hinzuweisen, daß die Beifügung von x bezw. y zu den einzelnen Zuchten im allgemeinen lediglich andeutet, ob es sich um Zuchten in gleichgroßen Räumen mit verschieden großer Raupenzahl (x) oder um Zuchten in verschieden großen Räumen mit gleicher Raupenzahl (y) handelt. Die Beifügung von x und y bei den später zu behandelnden *dispar*-Zuchten hat den gleichen Sinn.

Im folgenden werden alle Individuen, die aus Zuchten mit engem Lebensraum stammen, als L-Tiere bezeichnet.

Das Verhalten der Raupen im engen Lebensraum wies zunächst keine Besonderheiten auf. Erst allmählich machte sich bei den heranwachsenden Raupen die Übervölkerung bemerkbar. Vor allem zeigten sich Wachstumshemmungen. Als Ursache für das Zurückbleiben im Wachstum der L-Raupen dürfte vor allem gegenseitige Störung, die auf Beunruhigung und damit verbundenen erhöhten Kräfteverbrauch beruht, in Frage kommen. Ferner wäre an eine durch die gegenseitige Störung der Futteraufnahme hervorgerufene, chronische Unterernährung zu denken, d. h. den Tieren stand zwar eine genügende Futtermenge täglich zur Verfügung, infolge der Störung nahmen sie jedoch nur ungenügende Nahrungsmengen auf. Eine Beeinflussung der Raupen durch Exkretstoffe dürfte wohl schwerlich in Frage kommen, da der Kot immer entfernt und auch sonst auf größtmögliche Reinlichkeit geachtet wurde. Desgleichen dürften die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse kaum eine Rolle spielen, da dieselben — wie zahlreiche Messungen ergaben — mit denen der N-Tiere im wesentlichen übereinstimmten. Die Abb. 4 stellt erwachsene Raupen der Zucht NB II und der Zucht Lx 50 dar. Neben der geringeren Größe der L-Raupen ist auch noch besonders auffallend, daß sie die Rückenhaare zum größten Teile verloren haben bezw. daß dieselben verkürzt sind.

An Hand der Kurven der Abb. 5 können wir den Verlauf des Wachstums der Zuchten NB II, Lx 35 und Lx 50 verfolgen. Bei Beginn der Einwirkung des engen Lebensraums zeigt sich ein Gewichtsabfall der beiden Zuchten Lx 35 und Lx 50 gegenüber der Normalzucht NB II. Während der ersten Woche seit Versuchsbeginn sind die Gewichtsdifferenzen zwischen den beiden L-Zuchten nicht von Belang. Mit zunehmendem Alter der Raupen können wir jedoch feststellen, daß der Einfluß des engen Lebensraumes wächst. Bei der Zucht Lx 50 nimmt das Gewichtswachstum in viel geringerem Maße zu als bei der Zucht Lx 35. Aus der Tatsache, daß den beiden Zuchten der gleichgroße Lebensraum zur Verfügung stand, kann man schon den Schluß ziehen, daß nicht so sehr der Lebensraum maßgebend zu sein scheint, als vielmehr die Anzahl der Tiere, die sich in einem Zuchtbehälter befinden. Für die Annahme, daß die Bevölkerungsdichte und nicht so sehr der enge Lebensraum an sich maßgeblich zu sein scheint, spricht auch die Feststellung, daß Raupen von *caja*, die einzeln in einem engen Raum gezüchtet wurden, normales Wachstum zeigten. Desgleichen lieferten diese Einzelzuchten später auch normale Falter.

Zucht NB II Zucht Lx 50

Abb. 4. Gleichaltrige erwachsene Raupen von *caja* aus normaler (NB II) und übervölkerter Zucht (Lx 50). (Phot. Seiff.)

Bei den L-Raupen war ganz allgemein eine verhältnismäßig große Sterblichkeit zu beobachten. Dieselbe setzte mit zunehmendem Alter der Raupen ein, zu dem Zeitpunkt, als für die heranwachsenden Tiere die gegenseitige Beengung immer stärker wurde. Die Raupen, die infolge der Beengung zugrunde gingen, verfielen zunächst in einen Zustand der Erschöpfung, verhielten sich dabei ganz ruhig, die Freßlust nahm ab, worauf dann nach einiger Zeit der Tod eintrat.

Die Verpuppung der L-Raupen setzte in fast allen Zuchten gleichzeitig oder ganz kurze Zeit später mit der der N-Raupen ein. So begann die Verpuppung in der Zucht Ly 10a die normale Verhältnisse hatte, am 27. Mai und hatte am 3. Juni, wo sich die letzten zwei Raupen einspannen, ihren Abschluß gefunden, während in der in engem Raum lebenden Zucht Ly 10b die erste Raupe sich ebenfalls am 27. Mai einspann, die letzten zwei Raupen aber erst am 16. Juni zur Verpuppung schritten. Als bei den N-Raupen die letzten Tiere sich eingesponnen hatten, war auch die Hauptmasse der L-Raupen eingesponnen. Doch zog sich bei einem kleinen Teil die Verpuppung noch etwas in die Länge, wie eben angegeben wurde. Bei Wiederholung der Zuchten im

Jahre 1930 zeigten sich die gleichen Erscheinungen. In der Zucht NB II schritt die erste Raupe am 17. Mai 1930 zur Verpuppung in der Zucht Lx 35 fingen am gleichen Tage einige Raupen zu spinnen an und in der Zucht Lx 50 begann die erste Raupe am 18. Mai mit dem Einspinnen. In den folgenden Tagen ließ in allen drei Zuchten der Fraß sehr stark nach und der Großteil der Raupen war mit den Vorbereitungen zur Verpuppung beschäftigt. Diejenigen L-Raupen, von denen beobachtet werden konnte, daß sie Fäden spannen, wurden jedesmal sogleich aus dem engen Behälter herausgenommen und in beiderseits offene Filtrierpapierrollen gebracht, die dann durch Umknicken an den beiden Enden verschlossen wurden. Auch für N-Raupen wurde dieses Verfahren angewendet, das sich recht gut bewährte. Im Innern der Papierrolle machten dann die Raupen gewöhnlich ihr Gespinst. Später wurde dann der Papierverschluß auf beiden Seiten abgeschnitten, so daß die Falter leicht ausschlüpfen konnten. Soweit als möglich wurden also die Raupen aus dem engen Raum in solche Papierrollen zur Verpuppung gebracht. Ein Teil der Raupen der L-Zuchten spann sich jedoch, was sich nicht vermeiden ließ, am Boden der Zuchtbehälter unter Verwendung von Blattstücken usw. ein. Eine Übertragung in Papierrollen wurde dann, um unnötige Störung zu vermeiden, unterlassen. Bei diesen Raupen konnte sehr schön eine Anpassung an den engen Lebensraum festgestellt werden. Während sonst nämlich die *caja* Raupen ihre Gespinste ziemlich groß machen und so anlegen, daß die Puppe stets horizontal im Gespinst liegt, machten die erwähnten Raupen, die sich am Boden des Zuchtbehälters verpuppten, ihre Gespinste nur so groß, daß sie den Körper umhüllten und außerdem lagen die Puppen in den Gespinsten nicht immer horizontal, sondern nach verschiedenen Richtungen; selbst vertikale Lage einer Puppe mit dem Kopf nach oben wurde beobachtet, als später die fertigen Puppen in den Puppenkasten gebracht wurden.

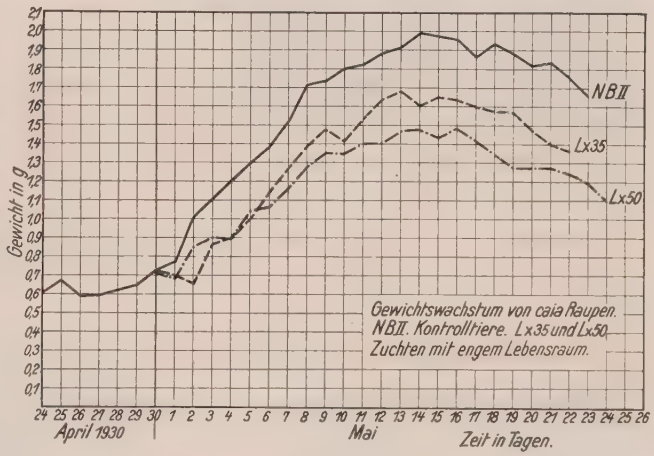


Abb. 5.

Die Verpuppung hatte dann in der Zucht NB II am 27. Mai ihren Abschluß gefunden und wesentlich ist es, daß auch der Großteil der L-Raupen zu diesem Zeitpunkt die Verpuppung hinter sich hatte. Bei einem

kleinen Teil der L-Raupen war wie in der Abteilung A eine Entwicklungsverzögerung zu konstatieren. Aus der Abb. 5 ist der Abfall der drei Wachstumskurven kurz vor der Verpuppung deutlich zu ersehen. Um Störungen bei der Verpuppung zu vermeiden, wurden während der letzten Tage der Raupenperiode keine Wägungen mehr vorgenommen, so daß die letzten Abschnitte der Kurven fehlen.

Oben: Zucht HA. Unten: Zucht NA.

Abb. 6. Kleinstes Hunger- und größtes Normalweibchen von *caja*. (Phot. Seiff.)

Im Anschluß an die Schilderung des Raupenstadiums seien hier noch die Ergebnisse der Puppenwägungen der N-, H- und L-Tiere erwähnt. Am schwersten waren hierbei die Puppen der N-Tiere, etwas leichter das Durchschnittsgewicht der L-Puppen und am leichtesten die Puppen der H-Tiere. Es wurden jeweils nur weibliche Puppen gewogen.

2. Falterstadium.

a) Größe der Falter.

In den beiden Abteilungen A und B begann das Ausschlüpfen der Falter jeweils Mitte Juni, und zwar bei allen Zuchten gleichzeitig, mit Ausnahme der Zucht HA, wo der erste Falter erst 17 Tage nach dem ersten N-Falter schlüpfte. Dagegen war bei der Zucht HB keine Verzögerung des Ausschlüpfens gegenüber den N-Faltern zu konstatieren. Bemerkenswert ist das gleichzeitige Ausschlüpfen der N- und L-Falter. Mit dem ersten NB-Weibchen schlüpfte am gleichen Tage auch das erste Lx 50-Weibchen aus.

Oben: Zucht Lx 16b. Unten: Zucht NA.

Abb. 7. Durchschnittliche Größe von L-Weibchen (Zucht Lx 16b, NA Kontrollweibchen). Beide aus gleichem Eimaterial. (Phot. Seiff.)

Bei den ausgeschlüpften Tieren fielen zunächst die Abweichungen in der Größe auf. Die größte Spannweite eines NA-Weibchens betrug 7,4 cm,

die des kleinsten HA-Weibchens 4,4 cm (Abb. 6). Die L-Falter blieben gleichfalls an Größe hinter den N-Tieren zurück. Die Abb. 7 stellt die durchschnittliche Größe eines Weibchens aus der Zucht Lx 16b im Vergleich zu einem NA-Weibchen dar. Im übrigen schwankte die durchschnittliche Größe der L-Falter aus den einzelnen Zuchten je nach der Beengung während der Raupenzeit. So zeigen z. B. die Tiere aus der Zucht Lx 50 eine geringere Durchschnittsgröße als aus der Zucht Lx 35. Den Raupen beider Zuchten stand der gleiche Raum zur Verfügung. Die Abb. 8, 9, 10, veranschaulichen die Durchschnittsgröße weiblicher Falter aus den Zuchten NB, Lx 35 und Lx 50. Die Falter, die aus Raupen stammten, die am Schluß der Raupenperiode absolut dem Hunger ausgesetzt waren, zeigten ebenfalls eine erhebliche Größenreduktion (Abb 11). Es sei nur nebenbei erwähnt, daß die H-Zuchten verhältnismäßig mehr Männchen lieferten als die N-Zuchten.

Abb. 8. Weibchen aus Normalzucht (NB). (Phot. Seiff.)

Abb. 9.

Abb. 10.

Weibchen aus Zucht mit engem Lebensraum. Verschieden starke Beengung. (Lx 35 und Lx 50.) (Phot. Seiff.)

b) Ovarien und Eiproduktion.

Nach der Einteilung, die Eidmann (1929) für die Ovarien frisch geschlüpfter Weibchen gegeben hat, würde *caja* in diejenige Gruppe gehören, bei der beim Ausschlüpfen zwar legereife Eier in größerer Zahl vorhanden sind, aber der Anteil der Eianlagen in den Eischläuchen überwiegt und dementsprechend ein gut entwickelter Fettkörper vorhanden ist und gewöhnlich noch eine postmetabole Entwicklung der Eiröhren stattfindet. Die übrigen Teile des weiblichen Genitalapparates von *caja* zeigen zum Teil mancherlei Besonderheiten. Speziell zu erwähnen ist die doppelte Bursa copulatrix. Die Kittdrüsen sind sehr lang, die Reservoire derselben, die bei frisch geschlüpften Weibchen prall mit Sekret gefüllt sind, sind an der Basis miteinander verwachsen; das Receptaculum ist seiner ganzen Länge nach mit der Lagena verwachsen, der Drüsenschlauch, der die Fortsetzung der Lagena bildet, ist an seinem Ende gegabelt.

Abb. 11. Weibchen aus Raupen, die am Schluß der Raupenperiode dem absoluten Hunger ausgesetzt waren. Zucht (HB). (Phot. Seiff.)

Die Ovarien frisch geschlüpfter N-Weibchen sind enorm entwickelt und füllen das Abdomen fast vollständig aus. Vor allem fällt die Länge der Eiröhren auf. Die basalen Abschnitte enthalten zahlreiche legereife Eier. Die hellgrüne Farbe der Eier steht im Gegensatz zu der weiß-gelben des Fettkörpers. Um die Zahl der legereifen Eier sowie der Eianlagen festzustellen, wurde eine größere Zahl von frisch geschlüpften Weibchen untersucht. Die folgende Tabelle enthält die Eizahlen aus dem Ovar eines am 24. Juni geschlüpften N-Weibchens, das in frisch geschlüpftem Zustande untersucht wurde.

	Linkes Ovar			Rechtes Ovar		
	legereife Eier	Eianlagen	Summe	legereife Eier	Eianlagen	Summe
1. Eischlauch	61	97	158	57	91	148
2. „	57	89	146	45	93	138
3. „	43	92	135	54	92	146
4. „	52	95	147	55	92	147
Summe:	213	373	586	211	368	579

Der linke Ovidukt enthielt 69, der rechte 77 legereife Eier, der Oviduktus communis 9. Die beiden Ovarien enthielten demnach insgesamt 579 legereife Eier und 741 Eianlagen. Aus der vorstehenden Tabelle ergibt sich, daß sämtliche Eischläuche in der Zahl der legereifen Eier und Eianlagen untereinander keine größeren Unterschiede zeigen und daß auch

die Zahlen für die beiden Ovarien ungefähr übereinstimmen. Bei den anderen untersuchten Exemplaren fanden sich ganz ähnliche Verhältnisse.

Diesen normalen Verhältnissen gegenüber weisen die Ovarien der H- und L-Tiere wesentliche Veränderungen auf. Ein am 8. Juli 1929 geschlüpftes Weibchen der Zucht Lx 10 zeigte folgende Verhältnisse:

	Linkes Ovar			Rechtes Ovar		
	legereife Eier	Eianlagen	Summe	legereife Eier	Eianlagen	Summe
1. Eischlauch	17	109	126	18	115	133
2. „	24	112	136	20	111	131
3. „	17	116	133	17	113	130
4. „	19	114	133	16	118	134
Summe:	77	451	528	71	457	528

Der linke Ovidukt enthielt 49, der rechte 54 legereife Eier. Beide Ovarien enthielten insgesamt 251 legereife Eier und 908 Eianlagen. Im Gegensatz zu dem Ovar eines N-Weibchens fällt hier vor allem die verhältnismäßig größere Zahl von Eianlagen auf, verglichen mit der Zahl der legereifen Eier.

Noch deutlicher wird die geringe Zahl der legereifen Eier im Verhältnis zur ungleich größeren Zahl der Eianlagen bei den H-Tieren. Die genauen Zahlen für das linke Ovar eines am 23. August 1929 geschlüpften H-Weibchens gibt folgende Tabelle wieder:

	legereife Eier	Eianlagen	Summe
1. Eiröhre	6	120	126
2. „	4	94	98
3. „	6	114	120
4. „	5	108	113
Summe:	21	436	457

Ein am 4. August 1929 ausgeschlüpftes H-Weibchen (Zucht HA) ist einer eingehenderen Betrachtung würdig, weil sich bei ihm eine Besonderheit in Form der Reduktion der Eiröhren zeigte. Das rechte Ovar des Weibchens enthielt normalerweise 4 Eiröhren, das linke dagegen nur zwei. Die zuerst für einen Präparationsfehler gehaltene Beobachtung, ergab jedoch bei genauer Prüfung tatsächlich nur das Vorhandensein von 2 Eiröhren. Es ist dies der einzige Fall, der bei den H-Tieren beobachtet wurde. Von anderen Insektenordnungen ist dagegen eine Verringerung der Eiröhren durch Hunger als Regel schon nachgewiesen, so z. B. bei Dipteren durch Weidling.

Auch sonst zeigten die Ovarien der H-Tiere ein abweichendes Verhalten von dem normal ernährter Tiere. Neben der durch die geringere Eizahl bedingten Verkürzung der Eiröhren, zeigten vor allem die Ovidukte eine stärkere Reduktion.

Die oben angeführten Zahlen über legereife Eier und Eianlagen bei frisch geschlüpften Weibchen unterlagen selbstverständlich bei den einzelnen Tieren der drei Gruppen (N-, H-, L-) mehr oder minder größeren Schwankungen. Wesentlich ist aber, daß die Zahl der legereifen Eier bei den H- und L-Weibchen immer geringer war als bei den N-Weibchen.

Das Heranreifen der Eianlagen zu legereifen Eiern fand verhältnismäßig schnell statt, Verschiedenheiten bei den einzelnen Gruppen waren

Abb. 12.
Linkes Ovar und rechter Ovidukt eines frisch geschlüpften Normalweibchens. (Zucht NB.)
(Phot. Seiff.)

Abb. 13.
Linkes Ovar eines 18 Stunden alten Normalweibchens.

hierbei nicht zu beobachten. Zur Veranschaulichung dieses Heranreifens mögen die Abb. 12 und 13 dienen. Abb. 12 stellt das linke Ovar und den rechten Ovidukt eines frischgeschlüpften N-Weibchens (Zucht NB) dar. Die paarigen Ovidukte sind prall mit Eiern gefüllt, aber noch verhältnismäßig kurz. Bei einem 18 Stunden alten N-Weibchen hat sich aber das Bild schon geändert (Abb. 13) und haben die paarigen Ovidukte ihre fast endgültige Ausbildung erfahren. Der Zustand der Ovarien ist einzigartig insofern als die Eier hier nicht hintereinander sitzen, sondern prall auf- und nebeneinander. Auch die basalen Abschnitte der Eiröhren sind prall mit aufeinandersitzenden legereifen Eiern gefüllt. 7 Tage alte, un-

begattete Weibchen, die noch keine Eier abgelegt hatten, zeigten dasselbe Bild. Die legereifen Eier wandern also ziemlich rasch in die Ovidukte. Der Vorgang, wie sich die Längenausdehnung der Ovidukte vollzieht, bedarf noch der Untersuchung.

Die Abb. 14—17 demonstrieren in analoger Weise die Entwicklung der Ovarien bei H-Tieren (Zucht HB) und bei den L-Tieren (Zucht Lx 50). Die Ovarien der H- und L-Tiere zeigen in erster Linie die Verkürzung der Eiröhren und die geringere Ausdehnung der paarigen Ovidukte. Selbstverständlich ist das Aussehen der Ovarien bei allen Tieren innerhalb einer Gruppe und Zucht nicht überall genau dasselbe.

Abb. 14. Rechtes Ovar und linker Ovidukt eines frischgeschlüpften Hungerweibchens. Zucht HB. (Phot. Seiff.)

Abb. 15. Ovar eines 3 Tage alten Hungerweibchens. Zucht HB. (Phot. Seiff.)

Die Abbildungen sollen nur das Typische herauskehren und ein Bild von der durchschnittlichen Ausbildung der Ovarien bei den betreffenden Gruppen geben.

Hinweisen möchte ich an dieser Stelle noch auf den Umstand, daß nicht sämtliche Eianlagen sich zu legereifen Eiern entwickeln, sondern daß ein Teil der Eianlagen unentwickelt bleibt. Das Ovar des drei Tage alten L-Weibchens der Abb. 17 zeigt dieses Verhalten deutlich.

Bei sämtlichen N-, L- und H-Tieren war die Eigröße konstant. Selbstverständlich ergaben sich Schwankungen unter Berücksichtigung der Variationsbreite (0,918 mm bis 0,986 mm). Die Hauptmasse der Eier hatte die Größe 0,952 mm. Nur in einem Fall war bei den abgelegten Eiern eines H-Weibchens eine Abweichung von der Norm zu konstatieren. Unter 176 abgelegten Eiern zeigten 172 eine durchschnittliche Größe von

0,952 mm, während von den restlichen 4 zwei Stück 0,782 mm und 2 Stück 0,816 mm groß waren.

Wie Eidmann (1929) bereits nachgewiesen hat, läßt sich von der Zahl der beim Ausschlüpfen vorhandenen legereifen Eier und Eianlagen noch kein endgültiger Schluß

Abb. 16. Linkes Ovar und rechter Ovidukt eines frischgeschlüpften Weibchens aus enger Lebensraumzucht (Lx 50). (Phot. Seiff.)

Abb. 17. Linker Ovidukt und rechtes Ovar eines 3 Tage alten Weibchens aus enger Lebensraumzucht (Lx 50). (Phot. Seiff.)

ziehen, wieviele Eier tatsächlich abgelegt werden. In der Regel kommt ja, wie schon erwähnt, nur ein Teil der Eianlagen zur völligen Entwicklung, der Rest der Eianlagen wird resorbiert. Um daher festzustellen, wieviel Eier ein N-, L- und H-Tier abzulegen imstande ist, wurde ein Teil der ausgeschlüpften Falter in Pappschachteln zur Kopula und Eiablage gebracht.

Abb. 18. Eiablage von *caja*. (Phot. Seiff.)

Caja legt die Eier in Form mehr oder minder großer Platten ab (Abb. 18), ein Ausstreuen der Eier, wie manche Literaturangaben berichten, erfolgt nicht. Die Abbildung 18 illustriert diese Tatsache.

Ich lasse hier eine Übersicht der Eizahlen, die aus verschiedenen Zuchten von 61 ♀♀ gewonnen wurden[1]), folgen.

[1]) Die ausführlichen Tabellen sind hier aus Raummangel nicht abgedruckt, sie stehen aber jedem Interessenten vom Autor zur Einsicht zur Verfügung.

Zucht	Zahl der ♀♀	Zahl der produzierten legereifen Eier		
		Minimum	Maximum	Durchschnitt
NA[1])	16	936	1378	1151,4
NB	5	983	1371	1116,2
HA	7	327	907	512,4
HB	4	333	716	563,8
Lx 10	5	967	1243	1020,8
Lx 20	5	359	533	467,6
Lx 16a	3	209	641	420,3
L 16b	3	606	950	738,3
Lx 35	7	467	996	745,4
Lx 50	6	227	638	483,5

Aus diesen Zahlen geht hervor, daß die N-Tiere von *caja* eine immens hohe Zahl von Eiern zu produzieren vermögen, die in einem Fall die Zahl 1378 erreichte (Zucht NA). Die Eizahlen der H- und L-Tiere lassen gegenüber denjenigen der N-Tiere ein mehr oder weniger starkes Fallen erkennen. Sowohl intermittierendes Hungern während der Raupenzeit als auch völliger Nahrungsentzug einige Zeit vor der Verpuppung haben Verminderung der Eizahl zur Folge. Die individuelle Widerstandsfähigkeit der einzelnen Raupen gegen Hunger wirkte sich natürlich auch in Schwankungen der Eizahl aus.

Die durchschnittlich von einem Weibchen produzierte Zahl der legereifen Eier ist bei den L-Tieren je nach der größeren oder kleineren Bevölkerungsdichte bei den einzelnen Zuchten verschieden. Teilweise sinkt die Eizahl im Durchschnitt sogar unter die der H-Tiere herab (Zuchten Lx 20, Lx 16a, Lx 50). In manchen Fällen, z. B. bei der Zucht Lx 16b ging mit der längeren Entwicklung, während welcher einzelnen Raupen infolge Tod oder Verpuppung der übrigen in der Zucht mitbefindlichen wieder mehr Raum zur Verfügung stand, eine zunehmende Regeneration und damit eine beträchtlichere Erhöhung der Eizahl Hand in Hand (z. B. Lx 16b).

Als wesentlicher Punkt aus den ganzen Eizahltabellen ergibt sich, daß Hunger- und enger Lebensraumeinfluß während des Raupenstadiums eine zum Teil oft beträchtliche Verringerung der Eizahl der Weibchen zur Folge hat.

[1]) NA u. NB = Normalzuchten; HA = intermittierende Hungerzuchten; HB = Zucht mit absolutem Hunger, Lx = Lebensraum-Zuchten mit verschieden großer Raupenzahl in gleich großem Raum; Ly = Lebensraum-Zuchten mit gleich großer Raupenzahl in verschieden großem Raum. Die hinter den Zuchtbezeichnungen stehende Zahl bedeutet die Zahl der zum Versuch verwandten Raupen. Bei der Zahl der ♀♀ ist zu bemerken, daß sie nicht die Gesamtzahl aller aus der betreffenden Zucht gewonnenen ♀♀ darstellt, sondern lediglich die Zahl der zur Eiablage benutzten ♀♀ angibt (viele der gewonnenen ♀♀ wurden zu anderen Zwecken z. B. anatomischen Untersuchungen verwendet).

Auf einen Punkt möchte ich an dieser Stelle noch hinweisen. Es war mir bereits bei den Zuchten des Jahres 1929 aufgefallen, daß die Weibchen oft nur einen geringen Teil ihrer Eier ablegten und mit einem größeren Eivorrat im Abdomen zugrunde gingen. Ich vermutete, daß hierbei die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse eine Rolle spielen könnten. Tatsächlich finden sich auch in der Literatur Angaben, die eine Abhängigkeit zwischen Eiablage und Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen erkennen lassen. Ich will hier nur auf die Untersuchungen von Caesar *Pyrausta nubilalis* und auf die neuesten diesbezüglichen Ergebnisse, die Zwölfer ebenfalls beim Maiszünsler und bei der Forleule gefunden hat, hinweisen.

Bei *caja* scheint die Eiablage hauptsächlich von den Feuchtigkeitsverhältnissen abzuhängen. Die Eiablagen bei verschiedener relativer Luftfeuchtigkeit (55 % = dem Luftfeuchtigkeitsgehalt des Laboratoriums entsprechend und 90 % durch eine Eilage von feuchtem Moos in die Ablegeschachtel erzielt) lassen insofern eine gewisse Abhängigkeit erkennen, als bei höherer relativer Luftfeuchtigkeit im allgemeinen die Zahl der abgelegten Eier größer ist als bei niedriger. Da jedoch derartige Untersuchungen außerhalb des Rahmens meiner eigentlichen Arbeit liegen, und auch mein Material bei weitem nicht ausreichend ist, um definitive Schlüsse ziehen zu können, verbietet sich ein weiteres Eingehen auf dieses Thema von selbst. —

V. Versuche mit *Lymantria dispar* L.

1. Raupenstadium.

Das Ausschlüpfen der Räupchen aus dem Ei dauerte vom 11. bis 14. Mai 1929 (Serie A), ein anderer Teil schlüpfte erst am 18. Mai und den folgenden Tagen (Serie B) bei einer Temperatur von ca. 18—20° C im Laboratorium. Nachdem die Raupen die zweite Häutung hinter sich hatten, wurden sie am 27. Mai den Versuchsbedingungen ausgesetzt. Sowohl die normal- wie auch die experimentell beeinflußten Tiere wurden in beiderseits offenen Glaszylindern gehalten, wodurch eine leichtere Reinigung gewährleistet wurde, da man den Zylinder nur aufzuheben brauchte, um das darunter liegende Papier mit Kot und sonstigen Abfällen zu entfernen. Um eine eventuelle Anreicherung von Kohlensäure im engen Raum auszuschließen, wurden in einer Serie Drahtgazekästchen, die der Luft von allen Seiten Zutritt gewährten, verwendet. Die Tabelle gibt über die ganze Versuchsanordnung der N-, L- und H-Tiere einen Überblick.

a) Hunger.

(Intermittierender Hunger.)

Mit *L. dispar* wurden lediglich Versuche mit intermittierendem Hunger unternommen. Da die hierbei erzielten Ergebnisse weitgehend mit denen von *caja* übereinstimmen, so kann ich mich hier kurz fassen. Die Raupen blieben wie bei *caja* im Wachstum zurück und die Entwicklung erfuhr ebenfalls eine Verzögerung. Die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse der H-Tiere stimmten selbstverständlich mit denen der N-Tiere überein. Beachtung muß bei diesen Hungerzuchten hauptsächlich die verhältnismäßig große Sterblichkeit der H-Raupen finden, die durchschnittlich

Zucht	Anzahl der Raupen	Art und Größe des zur Verfügung stehenden Raumes
NA (Normaltiere)	100	Glaszylinder, oben Drahtgazeverschluß, unten auf Glasplatte mit Filtrierpapier aufstehend Durchmesser 20 cm Höhe 33 „
NB (Normaltiere)	100	„
Hα A (Hungertiere)	100	„
Hβ A („)	100	„
HB („)	100	„
Lya A (Lebensraum, Kontrolltiere wie normal)	100	„
Lyb A (Lebensraum)	100	Glaszylinder wie oben, nur Größe verschieden Durchmesser 6 cm Höhe 16 „
Lyc A (Lebensraum)	100	„
Lx 10α A („)	10	„
Lx 10β A („)	10	„
Lx 50 A („)	50	„
Lx 50 B („)	50	„
Lx 100α A („)	100	„
Lx 100β A („)	100	„
Lx 6 A („)	6	Glas mit Boden, Verschluß Papier (durchlöchert) Durchmesser 7 cm Höhe 11 „
Lx 60 A („)	60	„
Lx 120 A („)	120	„
Lx 10 A („)	10	Drahtgazekästchen, Länge 10 cm Höhe 10 „ Breite 5 „
Lx 100 A („)	100	„
Lx 20 B („)	20	Drahtgazezylinder Durchmesser 7 cm Höhe 17 „
Lx 200 B („)	200	„

Es wurden im ganzen also 1636 Raupen für die Versuche benützt.

zwischen 50 und 70% schwankte. Diese Sterblichkeit fiel besonders bei denjenigen Raupen auf, die frisch gehäutet in eine Hungerperiode eintraten, — wohl dadurch zu erklären, daß die frisch gehäuteten Tiere schon vor Beginn der Häutung die Nahrungsaufnahme eingestellt hatten, so daß sie nach vollzogener Häutung im geschwächten Zustande um so leichter ein Opfer des Hungers wurden. Im Verlaufe der Zucht brachten einzelne

solcher frisch gehäuteter Raupen nicht mehr die Kraft auf, die Nahrung, die ihnen nach Ablauf der Hungerperiode geboten wurde, noch aufzunehmen. Es können dabei wohl Funktionsstörungen des Darmtraktus mit die Schuld tragen, deren Auftreten als Folge von Nahrungsentziehung bereits von Seitz (1894) beschrieben wurde. Das häufig wiederholte Hungern scheint eben ungünstig auf den physiologischen Gesamtzustand des Organismus einzuwirken, so daß trotz reichlicher Zwischenfütterung die Widerstandskraft bei jedem neuen Hungerversuch mehr abnimmt bezw. die Wirkungen der vorhergegangenen Hungerperioden nicht voll aufgehoben werden. Im Gegensatz hierzu können erwachsene oder fast erwachsene Raupen, wie oben bei *caja* gezeigt wurde, absoluten Hunger viel länger, oft sogar mehrere Wochen aushalten bis sie sich verpuppen.

b) Einengung des Lebensraumes.

Die Untersuchung der Wirkung des engen Lebensraumes auf die *dispar*-Raupen führte zu ähnlichen Ergebnissen, wie sie bei *caja* beobachtet wurden. Die Raupen blieben ebenfalls im Wachstum zurück, wobei die gleichen Ursachen, die bei *caja* geschildert wurden, verantwortlich zu machen sind.

Wie bei *caja* erfuhren auch hier diejenigen Zuchten, in denen bei gleichem Raum die Bevölkerungsdichte am größten war (besonders die Zuchten Lx 120 A und Lx 200 B) die stärkste Schädigung. Dieselbe wirkte sich hauptsächlich in der größeren Sterblichkeit der Raupen gegenüber den weniger dicht bevölkerten Zuchten aus. Je mehr Raupen in einer Zucht, desto größer eben die gegenseitige Störung mit ihren Folgeerscheinungen.

Die Erscheinungen, die sich bei den L-Zuchten beobachten ließen, werden wohl an Hand einer tabellarischen Übersicht über den Zuchtverlauf von N-Tieren (Zucht NA), sowie von L-Tieren mit verschieden großer Raupenzahl, aber gleichem Raum (Zucht Lx 60 A und Lx 120 A) am besten verständlich werden. In der Tabelle sind die jeweiligen Zuchtbeobachtungen angegeben.

Bemerken möchte ich noch, daß diejenigen Raupen, die sich verpuppen wollten, in allen Fällen sich deutlich von den übrigen, auch von den toten Raupen unterscheiden ließen. Sie verzichteten bei den L-Tieren meistenteils überhaupt darauf, sich ein Gespinst zu machen, sondern krümmten sich in charakteristischer Weise zusammen. Außerdem zeigten sie nur eine geringe Bewegung. Nach kurzer Zeit erfolgte dann die Umwandlung zur Puppe. Sowohl die toten als auch die verpuppungsreifen L-Raupen wurden jeden Tag aus den Zuchtgefäßen entfernt. Die letzteren wurden in einen eigenen Puppenkasten gebracht, damit sie sich ungestört zur Puppe umwandeln konnten. Die verpuppungsreifen N-Raupen dagegen wurden größtenteils in ihren Zuchtgefäßen, wo ihnen genügend Raum zur Verfügung stand, belassen und wo sie zum ungestörten Einspinnen in der Regel Blätter und Stengel der Futterpflanzen bevorzugten. Die völlig fertigen Puppen wurden dann ebenfalls in eigene Puppenkästen verbracht.

Aus der Tabelle geht im übrigen hervor, daß ebenso wie bei *caja* die Verpuppung der L-Raupen nicht viel später als die der N-Tiere beginnt

Datum	Zucht Lx 60 A		Zucht Lx 120 A		Zucht NA	
	Zahl der zugrunde gegangenen Raupen	Zahl der Raupen, die sich verpuppen wollen	Zahl der zugrunde gegangenen Raupen	Zahl der Raupen, die sich verpuppen wollen	Zahl der zugrunde gegangenen Raupen	Zahl der Raupen, die sich verpuppen wollen
27. 5. 29	Versuchsbeginn		Versuchsbeginn		Versuchsbeginn	
16. 6. 29	—	—	—	—		
17. 6. 29	—	—	6	—		
18. 6. 29	1	—	12	—		
19. 6. 29	—	—	9	—	Bereits 8 Puppen	
20. 6. 29	2	3	19	1		
21. 6. 29	5	2	8	4		
22. 6. 29	7	5	7	1		
23. 6. 29	—	—	—	—		
24. 6. 29	2	8	6	3		
25. 6. 29	2	1	1	2		
26. 6. 29	Freßlust der Raupen läßt stark nach, wollen sich verpuppen		Die Raupen holen, nachdem mehr Platz zur Verfügung steht, das versäumte Wachstum nach		Das Gros der Raupen hat sich verpuppt	
27. 6. 29						
28. 6. 29	—	—	—	—		
29. 6. 29	2	—	—	—		
30. 6. 29	—	—	—	—		
1. 7. 29	1 Rest der Raupen verpuppt sich		Nahrungsaufnahme gering, wollen sich verpuppen			
2. 7. 29	—	—	—	—		
3. 7. 29	—	—	—	—		
4. 7. 29	—	—	weitere Verpuppungen		alle Raupen sind verpuppt	
5. 7. 29	—	—				
6. 7. 29	alle Raupen verpuppt					
	9 Raupen in Verpuppungsstellung zugrunde gegangen		do. 16		Gesamtzahl der zugrunde gegangenen Raupen im Laufe der Zucht 8	

und auch die Hauptmasse der L- und N-Raupen ungefähr zur gleichen Zeit verpuppt ist. Bei den übrigen Zuchten war die gleiche Erscheinung zu beobachten.

Vor allem fällt aber in der Tabelle die verhältnismäßig große Sterblichkeit der L-Raupen auf. Am stärksten in der Zucht Lx 120 A, wo bei gleichem Raum die Raupenzahl doppelt so groß ist wie in der Zucht Lx 60 A. Noch anschaulicher wird die Mortalität der L-Raupen, wenn wir die Zahlen für die im Verlaufe der Zucht zugrunde gegangenen Raupen kurvenmäßig darstellen. Die Abb. 19 und 20 vermitteln uns ein Bild der Mortalität in fünf L-Zuchten.

Aus den Kurven ersehen wir, daß vom Beginn der Zucht am 27. Mai 1929 bis etwa Mitte Juni fast keine Verluste zu beklagen sind. Um so

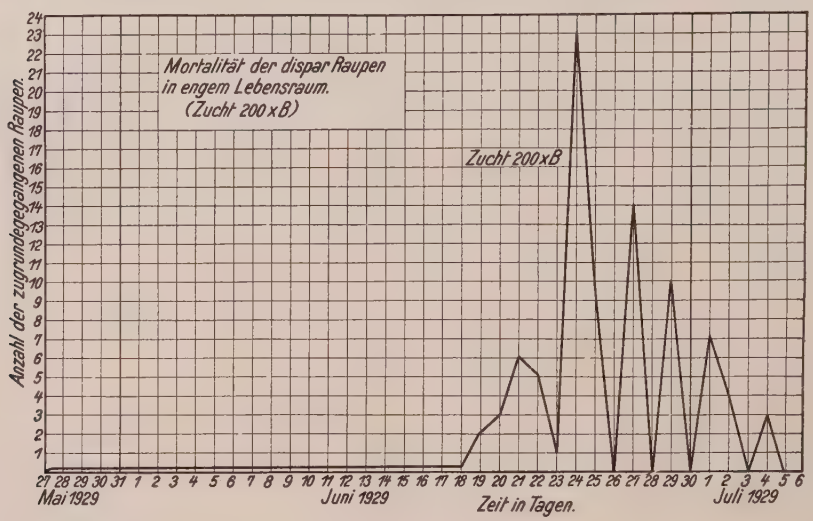


Abb. 19.

bemerkenswerter ist es aber, daß vom 17., 18. Juni ab, wo die Raupen bereits erwachsen sind, in den L-Zuchten die Sterblichkeitsziffer so stark

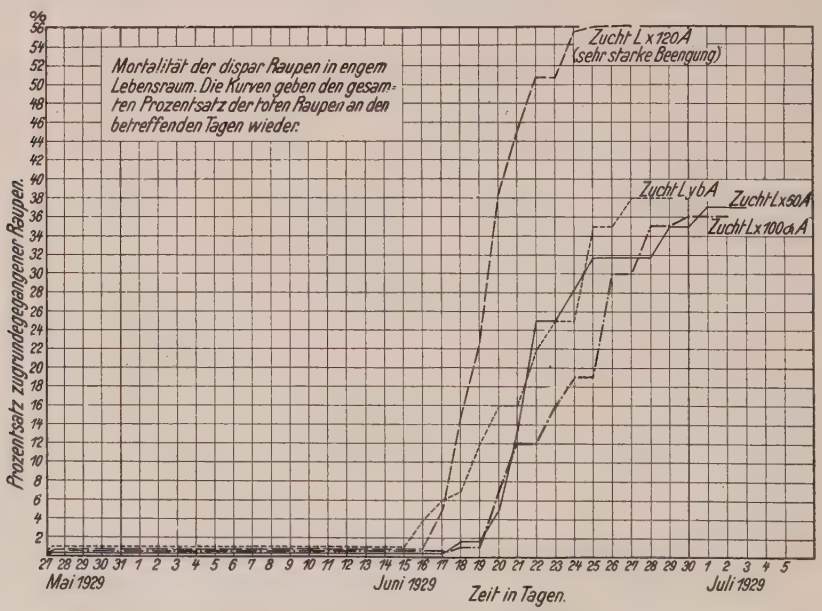


Abb. 20.

in die Höhe schnellt. Charakteristisch ist ferner das Steigen und Fallen der Mortalitätskurven während der einzelnen Tage in den einzelnen Zuchten. Dieser Umstand mag wohl damit zusammenhängen, daß durch die tägliche

Entfernung der toten Raupen aus den Zuchten für die übrigen Tiere wieder mehr Platz geschaffen wurde, so daß sie sich wieder etwas erholen konnten. Diese Regenerationsfähigkeit ist überhaupt sehr auffallend. Die ursprünglich wegen Übervölkerung im Wachstum zurückgebliebenen Raupen holten in der Regel das versäumte Wachstum wieder nach, sobald ihnen wieder mehr Raum zur Verfügung stand. So stellte ich z. B. in der Zucht x 120 A, wo starke Überbeengung herrschte, fest, daß, nachdem ein Großteil der Raupen zugrunde gegangen oder verpuppt war, der Rest sich sehr rasch wieder erholte und fast die Größe normaler Raupen wieder erreichte.

Als Ursache für die große Sterblichkeit, die bei *caja* verhältnismäßig geringer war, dürfte, wie auch oben schon erwähnt, hauptsächlich die durch

Abb. 21. Durchschnittliche Größe von Normal- und Hungerweibchen bei *dispar*. (Zucht NA und HβA.) (Phot. Seiff.)

Abb. 22. Durchschnittliche Größe von N- und L-Weibchen bei *dispar*. (Zucht NA und Lx 60 A.) (Phot. Seiff.)

die gegenseitige Störung der Raupen im engen Raum hervorgerufene Schwächung in Frage kommen. Daß die Sterbeziffern um so höher werden, je mehr Raupen sich in einer Zucht befinden, zeigen am deutlichsten die Zuchten Lx 120 A und Lx 200 B.[1])

Zum Schlusse möchte ich noch die Ergebnisse der Wägung von weiblichen N-, H- und L-Puppen anführen. Wie bei *caja*, zeigte es sich, daß die N-Puppen das größte und die H-Puppen das geringste Durchschnittsgewicht aufwiesen und das Durchschnittsgewicht der L-Puppen zwischen dem der L- und H-Tiere stand.

---

[1]) Bei der mikroskopischen Untersuchung einer größeren Zahl toter Raupen zeigte es sich, daß das Absterben der Raupen nicht durch Krankheitserreger irgendwelcher Art hervorgerufen worden war.

2. Falterstadium.

a) Größe.

Hinsichtlich des Zeitpunktes des Ausschlüpfens der N-, H- und L-Falter ließen sich im großen und ganzen dieselben Erscheinungen wie bei *caja* beobachten. Auch bei *dispar* zeigten die ausgeschlüpften H- und L-Tiere eine geringere Größe als die N-Falter. Abb. 21 zeigt die durchschnittliche Größe von einem N- und H-Weibchen (Zucht NA und HβA), Abb. 22 diejenige von einem N- und L-Weibchen (Zucht NA und Lx 60 A). Die Spannweite des kleinsten H-Weibchens betrug nur 35 mm.

b) Ovarien und Eiproduktion.

Die Untersuchung der Ovarien frisch geschlüpfter N-Weibchen zeigt ähnliche Verhältnisse, wie sie Eidmann bei der Nonne beschrieben hat. Wie bei *L. monacha* sind auch bei *dispar* die Ovarien dadurch ausgezeichnet, daß die beschalten Eier nicht, wie es sonst der Fall zu sein pflegt, allmählich in die Zone der Eianlagen übergehen, sondern daß hier eine scharfe, sofort sichtbare Grenze vorhanden ist. Sie ist im Eischlauch durch eine starke Wulstung kenntlich und stellt die Grenze zwischen Eiröhrenstiel und Eiröhre dar (Abb. 23).

Abb. 23. Eiröhre eines frischgeschlüpften Normalweibchens von *dispar*. (Zucht NA.)

Die im Eiröhrenstiel liegenden Eier sind sämtlich beschalt und legereif, die in der Eiröhre liegenden dagegen sind noch vom Follikel um geben, wenngleich die ersten Eier dieser Zone keine Nährzellen mehr aufweisen. Die Endkammern der 4 Eischläuche eines Ovars vereinigen sich unter der äußeren bindegeweblichen Hülle, die bei *dispar* rot pigmentiert ist. Die paarigen Ovidukte sind im Gegensatze zu *caja* sehr kurz.

Wie bei *caja*, zeigen sich auch bei *dispar* die Unterschiede zwischen den Ovarien der N-Falter und denen der H- und L-Tiere vor allem in

einer Reduktion der Zahl der Eier und der damit verbundenen Verkürzung der Eiröhren. Die Eigröße bei allen drei Gruppen war auch hier konstant. Die Abb. 23 veranschaulicht die Eiröhre eines frisch geschlüpften N-Weibchens (Zucht NA). Auf der Abb. 24 ist die bereits verminderte Zahl der legereifen Eier und die dadurch bedingte Verkürzung der Eiröhren eines L-Weibchens zu sehen (Zucht Lx 100 β A).

In noch stärkerem Maße als bei den L-Tieren zeigt sich die Verkürzung der Eiröhren bei den H-Tieren. Abb. 25a stellt die Eiröhre eines frisch geschlüpften, 25b und c die von einem zwei Tage alten H-Weibchen dar. Während wir bei a noch einen kontinuierlichen Übergang der Eianlagen feststellen können, zeigt b und c noch 1 bis 2 normal große Eianlagen, an die sich eine Anzahl winziger Eianlagen ansetzt. Diese Erscheinung läßt sich in der Weise erklären, daß die winzigen Eianlagen ihre ganze Nährsubstanz an das dem Ringwulst zunächst sitzende Ei abgegeben haben, das dann später durch Ringwulst und Eiröhrenstiel abwandert, um abgelegt zu werden, während die Eier, die ihre Reservestoffe abgegeben haben, keiner weiteren Entwicklung mehr fähig sind.

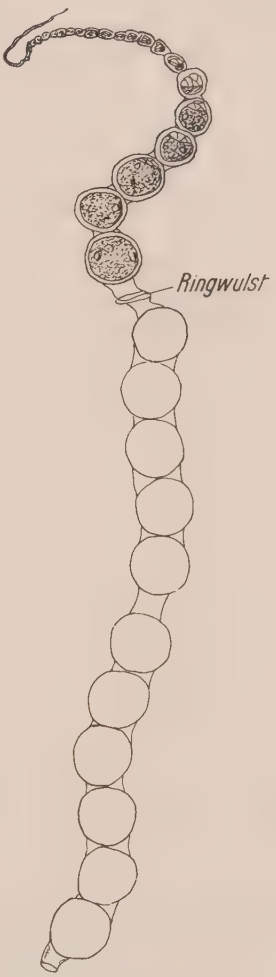


Abb. 24.
Eiröhre eines frischgeschlüpften L-Weibchens von *dispar*.
(Zucht Lx 100 β A.)

Erwähnen möchte ich hierbei noch, daß diese Verkümmerung der Eianlagen kein Charakteristikum der H-Tiere ist, sondern in analoger Weise auch bei den N- und L-Weibchen beobachtet wurde. So ergab beispielsweise die Präparation eines 5 Tage alten, unbegatteten Weibchens, das noch keine Eier abgelegt hatte, in jedem Eischlauch das Vorhandensein von 35 bis 40 legereifen Eiern, im ganzen 297 Stück. Auf die Zone der legereifen Eier folgte dann diejenige der winzigen Eianlagen, die ihre Nährstoffe abgegeben hatten. Da die vorgefundenen 297 legereifen Eier den gesamten Eivorrat des Weibchens darstellen und die winzigen Eianlagen keiner weiteren Entwicklung mehr fähig sind, ließe sich bei den Weibchen, die mehrere Tage alt sind, wohl ein Schluß ziehen, wieviel Eier tatsächlich von einem Weibchen abgelegt werden könnten. Gleichwohl wurde zur Feststellung der Eizahl, die von einem Weibchen produziert werden kann, wie bei *caja* der Einfachheit halber der Weg der Eiablage in Pappschachteln eingeschlagen und eine größere Zahl von Weibchen der verschiedenen Gruppen zur Copula und Eiablage gebracht (Pärchen in Einzelhaft).

Es wurde von ca. 160 ♀♀ die Eizahl festgestellt und zwar mit folgenden Ergebnissen:[1])

Zucht	Zahl der ♀♀	Zahl der produzierten legereifen Eier		
		Minimum	Maximum	Durchschnitt
NA	43	203	423	267,5
NB	31	209	345	228,5
NB	6	219	402	258,2
Hα A	1	—	—	37,0
Hβ A	5	7	97	51,8
HB	5	16	69	45,8
Lx 6 A	7	204	329	246,8
Lx 60 A	7	74	226	137,0
Lx 120 A	3	159	387	241,7
Lx 10α A	—	—	—	373,0
Lx 10β A	6	150	284	218,8
Lx 50 A	4	52	177	121,0
Lx 100α A	4	77	142	103,5
Lx 100β A	3	89	122	109,7
Lx 10 A	5	172	190	184,2
Lx 100 A	7	99	237	124,9
Lx 50 B	7	64	209	102,6
Lx 20 B	10	181	201	189,4
Lx 200 B	3	45	117	85,3
Lya A	31	202	345	228,5
Lyb A	3	116	206	151,7
Lyc A	1	—	—	193,0

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich, daß im allgemeinen die Eizahl der N-Weibchen zwischen 2—300 Stück schwankt, abgesehen von den Einzelfällen, wo eine noch etwas größere Eimenge produziert wurde.[2]) (Z. B. Zucht NA).

Die Eizahlen der H-Weibchen weisen gegenüber denen der N-Tiere ein beträchtliches Fallen auf. Vergleicht man die Eizahlen beider Gruppen, so lassen sich erhebliche Unterschiede in der von einem Weibchen produzierten Eimenge feststellen. Die geringste von einem Weibchen produzierte Eizahl betrug 7, die höchste 97 (beide Zucht Hβ A).

Es möge hier noch darauf hingewiesen werden, daß sowohl bei *caja* als auch bei *dispar* der Hungereinfluß nur auf die weiblichen Falter untersucht wurde. Es ist aber anzunehmen, daß der Hunger auch auf die Männchen tiefgreifend einwirkt. In analoger Weise gilt das Gesagte auch von der Einwirkung des engen Lebensraumes. In sämtlichen

[1]) Von den angefertigten ausführlichen Tabellen und die Bezeichnungen der Zuchten gilt dasselbe, was oben (bei *caja*) gesagt ist (s. S. 68 Anmerkung).

[2]) Die Angaben über die Eizahl des Schwammspinners in der Literatur weichen zum Teil stark voneinander ab. Wahrscheinlich ist die absolute Eizahl des Schwammspinners bei den verschiedenen Rassen auch verschieden.

Fällen waren die männlichen Falter aus H- und L-Zuchten kleiner als die N-Männchen. Es ist anzunehmen, daß der gesamte Organismus der Männchen durch Hunger- und engen Lebensraum geschädigt wurde, und daß dabei auch die Spermatozoen der Hungermännchen eine qualitative Schädigung erfahren haben.

Kopeć (1924) berichtet, daß bei *L. dispar* Hungerweibchen (von hungernden Raupen stammend) mit normalen Männchen begattet (die Raupen gut gefüttert), zwar weniger Eier legten als die Kontrolltiere, aber die Entwicklungsfähigkeit dieser Eier, sowie die Sterblichkeit der daraus hervorgehenden Raupen und Puppen keine Veränderung im Vergleich mit dem Kontrollmaterial erlitt. Desgleichen war das Puppengewicht normal. Umgekehrt fand er, daß die Eier von N-Weibchen und H-Männchen zwar entwicklungsfähig waren, die Sterblichkeit der daraus hervorgehenden Raupen und Puppen aber deut-

Abb. 25. *a* Eiröhre eines frischgeschlüpften Hungerweibchens von *dispar*, *b* und *c* Eiröhren von zwei Tage alten *dispar*-Hungerweibchen.

lich größer war als beim Kontrollmaterial. Ferner zeigte das Puppengewicht dieser Nachkommenschaft von N-Weibchen und H-Männchen eine wesentliche Abnahme. Die Folgen des Hungers im Raupenstadium hatten sich also bei der Nachkommenschaft der Hungerfalter je nach dem Geschlecht verschieden ausgewirkt.

Daß bei den Gradationskrisen auch uns unbekannte „innere Degenerationserscheinungen" mitspielen, ist möglich (Escherich 1931). Die Frage, ob das Zusammenbrechen von Kalamitäten aus inneren konstitutionellen Ursachen, wie es z. B. Sachtleben (1928), Rhumbler (1929) und Steiner (1931) schildern, mit der größeren Sterblichkeit der Nachkommenschaft von Hungermännchen, überhaupt mit den von Kopeć beschriebenen Erscheinungen in Zusammenhang zu bringen ist, ist noch zu lösen. Es ist immerhin möglich, wenn man bedenkt, daß Hungerzuchten einen erheblich größeren Prozentsatz von Männchen als von Weibchen liefern.

Aus der Zusammenstellung läßt sich auch bei den Eizahlen der L-Tiere im allgemeinen eine Abnahme in der Zahl der produzierten lege-

reifen Eier feststellen, jedoch nicht in so ausgesprochenem Maße wie bei den H-Tieren. Wenn in einigen Fällen, z. B. in der Zucht Lx 120 A, die durchschnittliche Eizahl wieder die Höhe der Eizahlen der N-Tiere erreicht, so ist der Grund hierfür darin zu suchen, daß in diesen Zuchten die Überbeengung sich in einer sehr großen Mortalität auswirkte, wodurch für einzelne Raupen wieder mehr Platz geschaffen wurde (der noch durch die Verpuppung anderer Raupen vermehrt wurde). Die Folge war, daß diese restlichen Raupen in verhältnismäßig kurzer Zeit das versäumte Wachstum nachgeholt hatten und diese Regeneration wirkte sich dann später auch in der Eizahl aus. Von solchen Raupen stammende Männchen waren ebenfalls wieder normal groß.

Eine zusammenfassende, vergleichende Betrachtung der Eizahlen der 3 Gruppen ergibt also, wie auch bei *caja* gefunden, daß sowohl intermittierendes Hungern während des Raupenstadiums als auch die Aufzucht einer größeren Zahl von Raupen in einem engen Raum ein mehr oder weniger starkes Sinken der Eizahl der weiblichen Falter zur Folge hat.

VI. Zusammenfassung der Resultate.

1. Intermittierendes Hungern verzögert die Entwicklungsdauer der Raupen von *Arctia caja* L. und *Lymantria dispar* L. erheblich und bewirkt ein Zurückbleiben im Wachstum.
2. Absoluter Hunger am Schluß des Raupenstadiums (von *caja*) hatte eine Beschleunigung der Metamorphose, bezw. gleichzeitige Verpuppung der H- und N-Raupen zur Folge.
3. Neben der Temperatur ist auch die Feuchtigkeit bei Hungerversuchen entsprechend zu berücksichtigen. Im Versuch mit absolutem Hunger bewirkte unter sonst gleichen Bedingungen eine relative Luftfeuchtigkeit von 65% eine stärkere Gewichtsabnahme der Raupen als bei 90% relativer Luftfeuchtigkeit; desgleichen zog sich das Raupenstadium bei 90% relativer Luftfeuchtigkeit länger hin als bei 65%.
4. Die Sterblichkeit der Raupen ist bei Hunger sehr groß. Sie betrug bei *dispar* (intermittierendes Hungern) durchschnittlich 50—70% in einer Zucht. Besonders fielen frisch gehäutete Raupen dem Hunger leicht zum Opfer. Die Widerstandskraft scheint bei intermittierendem Hunger durch jede neue Hungerperiode abzunehmen. Die dem absoluten Hunger ausgesetzten erwachsenen *caja*-Raupen konnten erheblich längere Zeit den Hunger aushalten als die Raupen, die von der 3. Häutung ab intermittierend hungern mußten. Wesentlich für das längere oder kürzere Aushalten des Hungers ist also der Hungertypus (intermittierend oder dauernd) und das Entwicklungsstadium.

5. Die Wirkung des engen Lebensraumes machte sich bei *caja* und *dispar* vor allem in Wachstumshemmungen bemerkbar; es zeigte sich, daß nicht so sehr der enge Lebensraum, als vielmehr die Anzahl der Tiere in einer Zucht, die Bevölkerungsdichte von Bedeutung war.
6. Die Verpuppung setzte bei den L-Zuchten fast gleichzeitig mit derjenigen der N-Zuchten ein und erfuhr nur in einigen Fällen eine kleine Verzögerung.
7. Die Mortalität der Raupen im engen Raum war sehr stark, besonders in den Zuchten mit starker Übervölkerung; die Sterblichkeit trat hauptsächlich bei den erwachsenen Raupen in Erscheinung.
8. Die schädigende Wirkung des engen Lebensraumes läßt sich durch die gegenseitige Störung der Raupen, die zu Energieverlusten führt, und durch die Beunruhigung bei der Futteraufnahme erklären. Diese schädigende Wirkung steigerte sich, je mehr die Raupen heranwuchsen. Die Frage, inwieweit chronische Unterernährung bei den Lebensraumversuchen in Frage kommt, ist durch das Experiment noch zu lösen.
9. Bei denjenigen Raupen, die sich am Schluß des Raupenstadiums wieder in normalen Lebensraumverhältnissen befunden haben, setzte eine Regeneration ein, die sich auch beim Falter auswirkte.
10. Die Puppen der H- und L-Tiere von *caja* und *dispar* zeigten ein geringeres Gewicht als die der N-Tiere.
11. Die ausschlüpfenden Falter zeigten bei *caja* und *dispar* erhebliche Größenunterschiede, besonders zwischen den N- und H-Faltern. Die L-Falter standen zwischen N- und H-Tieren. Unterschiede in der Größe der L-Falter ergaben sich je nach der mehr oder minder großen Beengung des Raupenstadiums. Die Hungerzuchten lieferten verhältnismäßig mehr Männchen als Weibchen.
12. Der Einfluß von Hunger und engem Lebensraum auf die Ovarien machte sich in einer Reduktion der Eizahl und der damit verbundenen Verkürzung der Eiröhren bemerkbar.
13. Die Eigröße war bei den N-, H- und L-Tieren konstant. Nur in einem Falle wurden von einem *caja*-H-Weibchen zwei wesentlich kleinere Eier abgelegt, die aber nicht zur Entwicklung kamen.
14. Die Ovidukte der N-Weibchen von *caja* sind von erheblicher Länge und prall mit Eiern gefüllt; sie erfahren nach verhältnismäßig kurzer Zeit ihre endgültige Länge. Die Ovidukte der H- und L-Weibchen sind entsprechend kürzer und weniger reich an Eiern.
15. Sowohl bei *caja* als auch bei *dispar* werden nicht alle Eianlagen zu legereifen Eiern ausgebildet, vielmehr bleibt ein Teil der Eianlagen unentwickelt (gilt für N-, H- und L-Tiere).
16. Bei *caja* wurde bei einem H-Weibchen eine Reduktion der Eiröhren zahl beobachtet. Das linke Ovar wies nur zwei statt vier Eiröhren auf.

17. Bei frisch geschlüpften H- und L-Weibchen ist die Anzahl der Eianlagen, verglichen mit der Zahl der legereifen Eier, verhältnismäßig größer als bei N-Weibchen.
18. Die Gesamtzahl der von einem Weibchen produzierten Eier ist bei den H- und L-Tieren mehr oder minder erheblich geringer als bei den N-Tieren. Besonders groß ist die Reduktion bei den H-Weibchen. Schwankungen der Eizahl bei den L-Tieren ergaben sich je nach der Beengung, der die Tiere im Raupenstadium ausgesetzt waren. Diejenigen L-Weibchen, die als Raupen Gelegenheit gehabt hatten, das versäumte Wachstum wieder nachzuholen, produzierten auch eine dementsprechend größere Eimenge.

Literatur.

Abderhalden, E., Studien über das Wachstum der Raupen. Hoppe Seylers Zeitschr. f. physiol. Chemie 127, S. 93—98, 1923.

Bachmetjew, P., Experimentelle entomologische Studien Bd. II. Der Einfluß der äußeren Faktoren auf Insekten. Sofia 1907.

Bilski, Fr., Über den Einfluß des Lebensraumes auf das Wachstum der Kaulquappen. Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 188, 1921.

Bischoff, H., Biologie der Hymenopteren. Biol. Studienbücher V. Berlin 1927.

Blunck, H., Die Entwicklung des *Dytiscus marginalis* L. vom Ei bis zur Imago II. Teil. Zeitschr. f. wiss. Zool. 121, S. 171—391, 1923.

Bodenheimer, F. S., Welche Faktoren regulieren die Individuenzahl einer Insektenart in der Natur? Biol. Zentralbl. 48, S. 714—739, 1928.

— — Studien zur Epidemiologie, Ökologie und Physiologie der afrikanischen Wanderheuschrecke (*Schistocerca gregaria* Forsk.). Zeitschr. f. ang. Ent. 15, S. 435—557, 1929.

— — Der Massenwechsel im Tierreich. Forschungen und Fortschritte Bd. 7, S. 10, 1931.

Börner, K., Über den Einfluß der Nahrung auf die Entwicklungsdauer von Pflanzenparasiten nach Untersuchungen an der Reblaus. Zeitschr. f. ang. Ent. 13, S. 108 bis 128, 1928.

Bremer, H., Grundsätzliches über den Massenwechsel von Insekten. Zeitschr. f. ang. Ent. 14, S. 254—272, 1929.

Caesar, L., Mortality of the European Corn Borer (*Pyrausta nubilalis* HB.). (56 th Ann. Rept. Ent. Soc. Ontario 1925, S. 72—75, Toronto 1926. Ref. in Rev. app. Ent.).

Chapman, Biotic potential, environmental resistance, and insect abundance. Congr. intern. Zool. X, 1927, S. 1209—1218.

Chapman, R. N., Animal Ecology with especial reference to insects. New York and London 1931.

Doflein, Fr., Tierbau und Tierleben Bd. II. Das Tier als Glied des Naturganzen. Leipzig und Berlin 1914.

Eidmann, H., Eizahl und Eireifung einiger forstlich wichtiger Schmetterlinge. Zeitschr. f. ang. Ent. Bd. XIII, S. 549—554, 1928.

— — Morphologische und physiologische Untersuchungen am weiblichen Genitalapparat der Lepidopteren. I. Morphologischer Teil. Zeitschr. f. ang. Ent. 15, S. 1—66, 1929.

— — II. Physiologischer Teil. Zeitschr. f. ang. Ent. Bd. 18, S 57—112, 1931.

Escherich, K., Die Forstinsekten Mitteleuropas Bd. I. Berlin, Verlag Paul Parey, 1914.

— — Dasselbe, Bd. III. Berlin, Verlag Paul Parey, 1931.

— — Das neue Gesicht der Forstentomologie. Forstw. Centralbl. S. 525—546, 1930.

Fiske, W. F., Superparasitism, an important Faktor in the natural control of insects. Journ. ec. Ent. 1920.

Friederichs, K., Die Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie, insbesondere der Entomologie. Bd. I: Ökologischer Teil, Bd. II: Wirtschaftlicher Teil. Berlin 1930.

Goetsch, W., Die Körpergröße der Tiere und die sie bestimmenden Faktoren. Naturwissenschaften 15. Jahrg.

— — Lebensraum und Körpergröße. Biol. Zentralbl. 44, S. 529—560, 1924.

— — Untersuchungen über wachstumshemmende Faktoren. Zool. Jahrbücher, Abt. Allgemeine Zool. u. Physiologie 45, 1928.

Handlirsch, A., Biologie (Ökologie-Ethologie). In: Handb. der Entomologie Bd. II, Jena 1929.

Hase, A., Die Bettwanze (*Cimex lectularius* L.), ihr Leben und ihre Bekämpfung. Monogr. Z. ang. Ent. Nr. 1. Berlin 1917.

— — Beiträge zu einer Biologie der Kleiderlaus. Flugschr. d. Deutsch. Ges. f. ang. Ent. Berlin.

Hering, M., Biologie der Schmetterlinge. Berlin 1926.

Hesse, R., Über Grenzen des Wachstums. Jena 1927.

Janisch, E., Das Exponentialgesetz als Grundlage einer vergleichenden Biologie. Berlin 1927.

Jordan, H., Vergleichende Physiologie wirbelloser Tiere. I. Bd.: Die Ernährung. Jena 1913.

Kopeć, St., Studies on the necessity of the brain for the inception of insect metamorphosis. Biol. Bull. Bd. 42, 1922.

— — Studies in the Influence of Inanition on the Development and the duration of Life in Insects. Biol. Bull. Bd. 46, S. 1—21, 1924.

— — On the heterogeneous Influence of Starvation of male and of female Insects and their Offspring. Biol. Bull. 46, S. 22—34, 1924.

Loewenthal, H., Cytologische Untersuchungen an normalen und experimentell beeinflußten Dipteren. (*C. erythrocephala.*) Arch. f. Zellforsch. Bd. 17, 1923.

Martini, E., Gedanken und Rechnungen über Vermehrung und Verbreitung der Lebewesen. Arch. f. Hydrobiol. Bd. XIV, 1924.

Morgulis, S., Hunger und Unterernährung. Deutsch v. A. Aron. Berlin 1923.

Parfentjew, J. A., Beobachtungen über den Einfluß von unvollständigem Hunger auf die Raupen *Orgyia antiqua* L. La Defense des Plantes Bd. I, Leningrad 1925. Russisch. (Ref. Zool. Ber. 1925/26, Nr. 1344.)

Pearl, R., The biology of Population Growth. New York 1925.

Pütter, Allgemeine Lebensbedingungen. In: Handbuch der norm. u. pathol. Physiologie Bd. I, Berlin 1927.

Rhumbler, L., Zur Begiftung des Kiefernspanners (*Bupalus piniarius* L.) in der Oberförsterei Hersfeld-Ost 1926. Zeitschr. f. ang. Ent. Bd. 15, S. 137—158, 1929.

Sachtleben, H., Beiträge zur Naturgeschichte der Forleule, *Panolis flammea* Schiff. und ihrer Parasiten. Arb. biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstwiss. Bd. 15, 1928.

Schaper, A., Beiträge zur Analyse des tierischen Wachstums. Arch. f. Entwicklungsmechanik Bd. 14, 1902.

Seitz, A., Allgemeine Biologie der Schmetterlinge. II. Teil: Die Ernährung. III. Teil: Die Fortpflanzung. Zool. Jahrbuch, Abt. Systematik, Bd. VII, 1894.

Semper, K., Über die Wachstumsbedingungen des *Lymaneus stagnalis*. Verh. d. phys. med. Ges. Würzburg IV. Bd., S. 59—79, 1873.

— — Die natürlichen Existenzbedingungen der Tiere. Leipzig 1880.

Sprengel, L., Untersuchungen über Zustand und Entwicklung der Eier in den Ovarien frisch geschlüpfter Lepidopteren. Anz. f. Schädlingsk. 4. Jahrg., 1928.

Standfuß, M., Handbuch der paläarktischen Großschmetterlinge. Jena 1896.

Steiner, P., Zur Kenntnis der Parasiten des Kiefernspanners. Zeitschr. f. ang. Ent. 17, S. 601—630, 1931.

Stellwaag, F., Die Weinbauinsekten der Kulturländer. Berlin 1928.
Stscherbinovskij, M. S.. Zur Frage des Einflusses des Hungerns der Larve auf die Eiproduktion der Imagines. La Defense des plantes Bd. I, S. 124—126. 1924. Russisch. (Ref. Zool. Ber. 1925/26, Nr. 1345.)
Titschack, E., Beiträge zu einer Monographie der Kleidermotte, *Tineola biselliella* Hum. Zeitschr. f. techn. Biol. Bd. X, S. 1—168, 1922.
— — Untersuchungen über das Wachstum, den Nahrungsverbrauch und die Eierzeugung. II. *Tineola biselliella* Hum. Ebenda Bd. 128, S. 509—569, 1926.
Uvarov, B. F., Insect Nutrition and Metabolism, A Summery of the Literature. Transactions of the Entom. Soc. of London Vol. 76, 8. 255—343, 1928.
Uvarov, B. P., Weather and Climate in their Relation to Insects. Conference of Empire meteorologists 1929. Agr. Sect. London 1929.
Volterra, V., Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together. Journ. Cous. Intern. pour l'explor. Mer., Vol. III, 1, S. 3—51, 1928.
— — Léctions sur la théorie mathematique de la Lutte pour la vie. Cahiers Sc. Fasc. 7. Paris 1931.
Weber, H., Biologie der Hemipteren. Biol. Studienbücher XI. Berlin 1930.
Weidling, Kurt, Die Beeinflussung von Eiröhrenzahl und -größe einiger Dipteren durch Hunger im Larvalstadium. Zeitschr. f. ang. Ent. Bd. XIV, S. 69—85, 1928.
Zwölfer, W., Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung des Maiszünslers (*Pyrausta nubilalis* Hb.) in Süddeutschland II. Teil. Arb. biol. Reichsanst. Bd. 17, S. 459 bis 498, 1929.
— — Zur Theorie der Insektenepidemien. Biol. Zentralbl. Bd. 50, S. 724—759, 1930.
— — Studien zur Ökologie uud Epidemiologie der Insekten. I. Die Kieferneule, *Panolis flammea* Schiff. Zeitschr. f. ang. Ent. Bd. 17, S. 475—562, 1931.

Der Einfluß der Umweltbedingungen (Temperatur und Ernährung) auf die Eierzeugung und Lebensdauer eines Insekts (*Sitona lineata* L.) mit postmetaboler Eientwicklung und langer Legezeit.

Von

K. Th. Andersen.

(Aus dem Zoologischen Institut Weihenstephan der Technischen Hochschule München.)

(Mit 4 Abbildungen.)

Inhalt.

Seite

Einleitung und Fragestellung 86
Die Eierzeugung 86
Temperaturabhängigkeit der Eierzeugung 87
Gesamteierzeugung 87
Tägliche Eierzeugung 91
Wie wirken längere Zeit oder nur vorübergehend dauernde hohe und niedrige Wärmegrade auf die Eierzeugung? 95
Ernährung und Eiablage 99
Einfluß der Nahrungsmenge (Quantität) 99
Einfluß der Nahrungsgüte (Qualität) 102
Die Abhängigkeit der Lebensdauer der *Sitona lineata*-Käfer von Temperatur, Nahrung und Eiablage 108
Vorreifezeit 109
Fortpflanzungszeit 109
Greisenalter und Gesamtdauer des imaginalen Lebens 110
Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse 114
Eierzeugung 114
Lebensdauer 115
Literatur 115

* * *

Einleitung und Fragestellung.

Bei den Untersuchungen über den Massenwechsel der Insekten wurde bisher das Hauptaugenmerk auf die Faktoren gerichtet, welche die Zahl der Nachkommen verringern, auf den Gesamtwiderstand der Umwelt (Zwölfer 1931), oder den Vernichtungsquotienten (Bremer 1928) und weniger darauf, wie die Zahl der zur Ablage kommenden Eier, die Zeugungskraft (Zwölfer 1931) von der Umwelt (Temperatur, Feuchtigkeit und Ernährung) beeinflußt wird. Genauere Untersuchungen liegen hier nur an der Kleidermotte (1925 und 1926) und an der Hauswanze (1930) durch E. Titschack vor. Da die Kleidermotte als Imago keine Nahrung mehr zu sich nimmt, so überrascht es nicht, daß die Größe der Eiablage nach dem Verlassen der Puppenhülle nur durch die Verzögerung oder Ausschaltung der Begattung bestimmt wird. Temperatur und Ernährung beeinflussen bloß in der Raupenzeit die Eizahl. W. Zwölfer (1931) findet bei der Kieferneule, daß die Größe der Eierzeugung unabhängig von der Temperatur ist, dagegen stark von der Luftfeuchtigkeit beeinflußt wird. Für die Bettwanze stellt Titschack eine deutliche Abhängigkeit der Eizahl und -masse von der Nahrungsmenge fest. Wie Temperatur und Ernährung auf die Eierzeugung bei einem Insekt mit nur postmetaboler Eientwicklung und langer Legezeit einwirken, sollen folgende Untersuchungen am linierten Graurüßler zeigen.

Die Abhängigkeit der Eiablage von der Temperatur wurde 4 Jahre lang (1928—31) vom Beginn anfangs Mai, bis zum Ende im Herbst verfolgt. Die Versuchstiere wurden im Zimmer gehalten, da kein geeigneter Serienthermostat zur Verfügung stand. Das hatte den Nachteil, daß die Temperatur mit der im Freien herrschenden sich änderte, wenn auch ohne so große Tagesschwankungen, so daß es nicht möglich war, eine genaue Temperatureiablagekurve zu zeichnen. Andererseits konnte dadurch der Einfluß wechselnder Wärme, entsprechend den natürlichen Verhältnissen, beobachtet werden. Die Abhängigkeit der Eiablage von der Nahrung wurde im Jahre 1931 geprüft. Der Zufall wollte es, daß gerade in diesem Jahr den ganzen Sommer hindurch die Temperatur ziemlich gleich blieb, so daß der Faktor ungleiche Temperaturhöhe in den einzelnen Zeiten der Eierzeugung, der hier wahrscheinlich störend gewirkt hätte, wegfiel. Untersucht wurden sowohl der Einfluß der Nahrungsmenge (Quantität), als auch der Güte (Qualität).

Gewissermaßen als Nebenergebnis dieser jahrelangen Versuche konnte ich noch Beobachtungen über die Lebensdauer von *Sitona lineata* L. unter verschiedenen Bedingungen anstellen.

Die Eierzeugung.

Die Eierzeugung eines Insekts läßt sich in 2 Abschnitte zerlegen, in die Eibildung und Eiablage. Beide können zeitlich getrennt sein oder zu-

sammentreffen. In ersterem Falle handelt es sich meistens um Tiere, die als Imago keine Nahrung mehr zu sich nehmen und nur kurze Zeit leben, bis sie die vor der Umwandlung zum geschlechtsreifen Insekt gebildeten Eier abgelegt haben. Im zweiten Falle werden die Eier erst vom fertigen Insekt gebildet (postmetabole Eientwicklung) und in dem Maße, wie sie entwickelt sind, alsbald abgelegt. Entwicklung und Ablage der Eier erstrecken sich hier gewöhnlich über einen längeren Zeitraum und beide Abschnitte der Fortpflanzungstätigkeit fallen zeitlich so gut wie zusammen. Zwischen beiden Typen sind dann die verschiedensten Übergänge anzutreffen.

Beide Teilvorgänge der Eierzeugung werden von Umweltbedingungen, besonders von Temperatur, Feuchtigkeit und Ernährung beeinflußt. Deren Wirkungsgröße auf jeden einzelnen der beiden Abschnitte läßt sich nur dann unmittelbar feststellen, wenn sie zeitlich getrennt sind. Fallen sie dagegen zusammen, wie bei *S. lineata*, so kann nur durch Rückschlüsse aus dem Gang der Eiablage die Eibildung selbst beurteilt werden.

Temperaturabhängigkeit der Eierzeugung.

Bei ihrem Erscheinen Ende April, anfangs Mai wurden jeweils Käfer gefangen, in Begattung befindliche Pärchen in Glasschalen (6 cm Durchmesser und 3,6 cm Höhe) in Einzelhaft genommen und im Arbeitszimmer aufgestellt. Dadurch, daß täglich frisches Futter in die Schalen kam, war die Feuchtigkeit ziemlich gleichmäßig hoch. Um gute Durchschnittswerte für die Eiablage zu erhalten, zwingerte ich jedes Jahr bis zu 30 Pärchen ein.

Die von einem Weibchen gelegten Eier wurden jeden Tag zu bestimmter Stunde gezählt, wodurch die Eierzeugung gleichmäßig immer für 24 Stunden die ganze Legezeit hindurch festgestellt werden konnte. Die tägliche Durchschnittstemperatur wurde für den gleichen Zeitraum bestimmt. Wenn wir also in den Kurven der Abb. 2 z. B. am 17. VI. für Weibchen I 14 Eier ablesen und für die Temperatur 18°, so heißt das, daß in den letzten 24 Stunden vor der Zählung am 17. VI. 14 Eier abgelegt wurden und in diesem Zeitraum die Temperatur 18° betrug. Das gleiche gilt auch für die Darstellung der Mittelwerte der Eierzeugung in Abb. 1. Auf die Wiedergabe der Versuchsniederschriften, es sind das über 7000 Zählungen, muß hier aus Sparsamkeitsgründen verzichtet werden, ebenso auf die zeichnerische Darstellung der Eierzeugung jeden Weibchens. Ich bringe nur in Abb. 2 den Gang der Eiablage einzelner Tiere (im ganzen 9) aus dem Jahr 1928, um an einem Beispiel wenigstens den individuellen Verauf der Eierzeugung während einer Legeperiode aufzuzeigen.

Gesamteierzeugung.

Wie ich schon anderwärts nachgewiesen habe (Andersen 1931) ist die Gesamteiablage bei höherer Durchschnittstemperatur größer als bei niedriger.

Tabelle 1.
Gesamteiablage der einzelnen Weibchen in den 4 Versuchsjahren.

1928		1929		1930		1931	
I	1947	I	867	I	1461	I	2003
III	2403	II	1765	V	1914	II	1848
IV	324	III	182	VII	666	III	2403
V	975	IV	197	XI	1426	IV	1657
VI	362	VII	489	XIV	2253	V	1510
VII	341	—	—	XV	1100	VI	2105
VIII	873	—	—	XVI	628	IX	1369
IX	806	—	—	XVII	1000	X	510
XI	1424	—	—	XVIII	1732	XI	592
—	—	—	—	XXI	2182	—	—
—	—	—	—	XXII	988	—	—
—	—	—	—	XXVIII	2173	—	—
—	—	—	—	XXIX	981	—	—
Mittel:	1050	—	700	—	1400	—	1570
Durchschnitts-temperatur für Juni u. Juli	21,5°	—	19,8°	—	22,1°	—	21,0°

In der Tabelle sind nur jene Weibchen mit ihren Eizahlen angeführt, die dauernd im Zimmer gehalten, regelmäßig ernährt wurden und nicht frühzeitig aus einem unbekannten Grunde eingegangen waren. Dagegen sind solche mit angeführt, die zwar schon bald, vielleicht Mitte Juli, die Eiablage einstellten, aber dann noch längere Zeit weiterlebten, weil angenommen wurde, daß in diesem Falle die Eiablage aus physiologischen Gründen aufgehört hatte.

In der Tabelle 1 sind nicht nur die Eizahlen der Weibchen eines Jahrganges merklich verschieden, obwohl doch alle Tiere jeweils unter den gleichen Bedingungen lebten, sondern auch die Durchschnittswerte der in den einzelnen Jahren insgesamt abgelegten Eier (zwischen 700 und rund 1600).

Die Unterschiede zwischen den Eimengen der einzelnen Weibchen eines Jahrganges beruhen auf individuellen erblichen Verschiedenheiten der Käfer selbst, die der Mittelwerte der einzelnen Jahre müssen wir auf Temperaturunterschiede zurückführen, da alle anderen Lebensbedingungen gleich waren.

Abb. 1 zeigt, daß die Haupteiablage von Anfang Juni bis Ende Juli dauert. Die durchschnittliche Eimenge steht in deutlicher Beziehung zum Wärmemittel dieser beiden Monate. Die Zählungen von 1931 fallen jedoch heraus. Die Ursachen dieser Unstimmigkeit läßt eine genaue Betrachtung des Verlaufs der Temperatur und Eiablagekurven in den einzelnen Jahren erkennen.

1931 weist die Witterung frühe Wärme im Mai, keine Kälterückfälle und ziemlich gleich bleibende, mittelhohe (21 °) Temperatur im Juni und

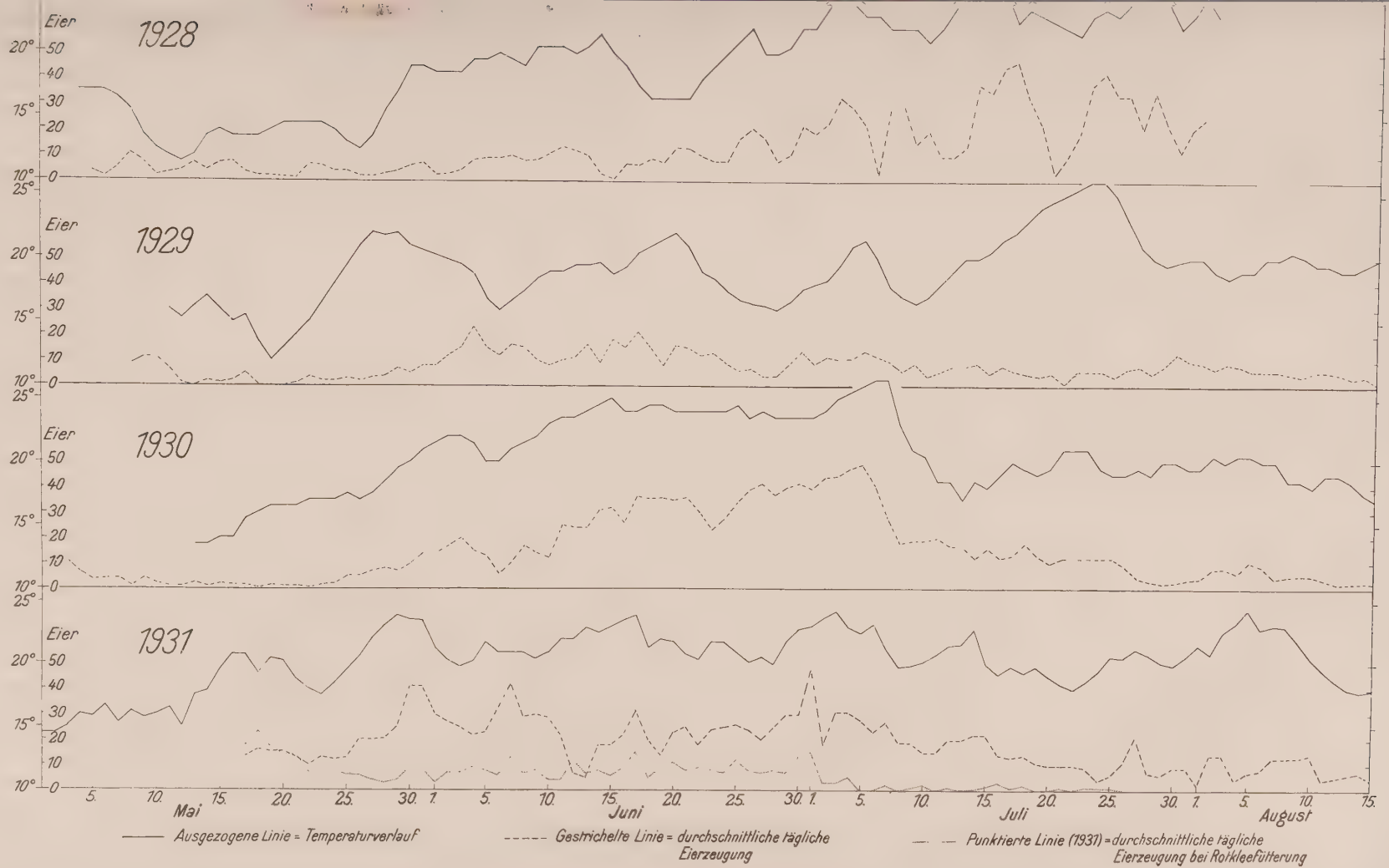


Abb. 1. Durchschnittliche tägliche Eiablage des liniierten Graurüßlers in den Jahren 1928—1931.

Juli auf. Ähnlich ist der Verlauf für 1930; nur ist die Temperatur im Mai durchwegs niedriger und erreicht erst am 2. VI. einen ersten Höhepunkt mit 22°. Die gleichbleibende, hohe Juniwärme bewirkt, daß das Mittel für Juni + Juli = 22,1° und damit um 1,1° mehr als im Jahr 1931 beträgt.

Trotzdem wurden 1931 durchschnittlich mehr Eier abgelegt als 1930. Den Grund ersehen wir aus dem Kurvenverlauf der Eiablage. 1930 brachten die Tiere zwar während der 24° Wärme mehr Eier hervor als 1931 im gleichen Zeitabschnitt mit 21°, dafür wurden aber 1931 schon von Mitte Mai bis Mitte Juni erheblich mehr Eier erzeugt als das Jahr vorher im gleichen Zeitraum.

Eine zu Beginn der Fruchtbarkeit schon höhere, wenn auch mäßig hohe, aber ohne große Schwankungen gleichbleibende Temperatur wirkt günstiger auf die Gesamteierzeugung, als wenn sie zunächst niedrig ist und erst später, dafür aber um so höher ansteigt, selbst wenn das Mittel in diesem Falle sogar über jenem liegt.

Ähnlich erklärt es sich, warum die Eiablage 1928 trotz der verhältnismäßig hohen Temperatur (21,5°) ziemlich beträchtlich hinter der des Jahres 1931 mit 21° zurückbleibt. Die hohen Wärmegrade im Juli brachten zwar eine große Eierzeugung, doch konnte diese den Ausfall von Ende Mai und Juni (kühle Witterung!) nicht ausgleichen. Die Eierzeugung fällt demnach um so geringer aus, je später die warme Witterung einsetzt.

Das beweist auch in anderer Hinsicht das Kurvenbild für 1929. Der geringe Durchschnitt von 700 Eiern ist nicht ausschließlich dem niedrigen Temperaturmittel für Juni + Juli (19,8°) zuzuschreiben, sondern mit dem Umstande, daß die höchste Wärme erst Ende Juli liegt. Die von Mitte Mai ab fallende Temperatur (bis auf 10°) bewirkt eine deutliche Hemmung in der Entfaltung der Eierzeugung, so daß die anfangs Juni ziemlich hoch ansteigende Wärme nicht unmittelbar ein gleiches Anschwellen der Eiablageziffer zur Folge hat. Bis sich die Wärme in der Eierzeugung auszuwirken beginnt, sinkt sie aber wieder. Das wiederholt sich noch zweimal, so daß die Eiablage über täglich 20 kaum hinauskommt. Ende Juli sind die Eiröhren nicht mehr leistungsfähig, obwohl sie bisher noch nicht viele Eier erzeugt haben.

Die Gesamteierzeugung ist demnach zwar abhängig von der Höhe der Durchschnittstemperatur während der Haupteiablagezeit (Juni + Juli), die Verteilung der Temperaturschwankungen ist aber dabei von weitgehendem Einfluß. Die Gesamtsumme der Eier wird bei gleicher Durchschnittstemperatur um so größer je wärmer es gleich zu Beginn der Fruchtbarkeit ist und je geringer in deren ersten Hälfte die Temperaturschwankungen sind.

Neben der Temperatur als Außenfaktor spielt also für die Eierzeugung noch ein innerer Umstand, der mit der Periodizität des Lebensablaufes zusammenhängt, eine entscheidende Rolle. Ich will ihn „Entwicklungszeitfaktor" nennen. Die Zeit der Eierzeugung und -ablage ist in erster Linie durch Entwicklungsvorgänge bedingt, die sich durch Temperatureinwirkung zeitlich nur wenig verschieben lassen. Ist der günstigste Zeitpunkt für die Einwirkung höherer Wärmegrade gleichsam verpaßt, dann kann die hohe Temperatur die zur Eierzeugung notwendigen Entwicklungsvorgänge nicht mehr voll beeinflussen. Sie wird um so unwirksamer, je weiter sie sich von dem optimalen Zeitpunkt entfernt.

Dem entspricht auch die Entwicklung der Eiröhren, die zu Beginn der Eiablage im Mai erst ungefähr ihre halbe endgültige Länge besitzen. Die Bereitstellung des Zellmaterials für die Eierzeugung erfolgt bereits bei niedrigen Temperaturen bis zum Mai. Setzt nun genügend warme Witterung ein, so werden in dem Maße, als Urkeimzellen zu Eizellen reifen, jene zu verstärkter Vermehrung angeregt. Unterbleibt aber die Eibildung oder erfolgt sie infolge geringer Wärme nur mäßig, so veröden wahrscheinlich die Urkeimzellen entsprechend.

Tägliche Eierzeugung.

Nachdem die Gesamttemperatur einer Legeperiode einen deutlichen Einfluß auf die Eimenge hat, werden wir erwarten dürfen, daß die Schwankungen des Temperaturverlaufs auch in Schwankungen der täglichen Eierzeugung sich ausdrücken. Im Kurvenverlauf 1931 in Abb. 1 z. B. steigt die Temperatur gleichmäßig vom 23. V. bis 29. V., gleichzeitig auch die Eiablage bis 30. V. Mit dem Sinken der Temperatur bis 3. VI. nimmt die Eiablage ebenfalls, aber wieder einen Tag länger als die Temperatur, ab. Diese steigt schon am 4. VI., die Eiablage erst vom 5. ab. Während nun von diesem Tag an die Temperatur nicht mehr in die Höhe geht, sondern im Gegenteil etwas fällt, nimmt die Eiablage bis 7. VI. zu. Bedenken wir, daß die z. B. am 31. V. morgens gezählten Eier im Laufe des 30. abgelegt worden sind, so bedeutet das, *daß sich Temperaturänderungen sofort von einem Tag zum andern auswirken.* Das können wir noch öfters im Kurvenverlauf beobachten. Am 19. VI. ist die Temperatur wieder gestiegen; gleichzeitig nimmt die Zahl der am 20. früh gezählten Eier wieder zu. Oder 1930 steigt am 6. VI. die Temperatur und gleichzeitig nimmt die Eiablage zu. Ebenso fallen im Juli 1928 die Spitzen der Temperaturkurve fast immer mit Höhepunkten der Eiablage zusammen. Daß dieses Gleichlaufen zwischen Temperatur- und Eiablagekurve nicht immer und überall zutrifft, hat seine Gründe darin, daß die Eierzeugung kein einfacher, eindeutig von der Temperatur abhängiger Lebensvorgang ist. Die Eiablage kann erst dann und nur so lange regelmäßig mit der Temperatur steigen und fallen als die Eibildung in der

Endkammer und damit der Nachschub in die Eiröhren richtig eingesetzt hat und so lange Bildung und Ablage gleichen Schritt halten.

Daß andererseits auch der Wirkungsgrad der Temperatur auf Eibildung und Eiablage verschieden groß sein muß, geht vor allem aus dem Kurvenverlauf von Mitte Mai bis anfangs Juli 1930 hervor. Die Temperatur steigt zunächst, abgesehen von dem Knick anfangs Juni, der auch in einem deutlichen Schwanken der Eiablage zum Ausdruck kommt, gleichmäßig bis Mitte Juni, um dann fast ohne jede Schwankung bis 1. VII. auf gleicher Höhe zu bleiben. Wäre die Eibildung im selben Maße von der Temperatur abhängig wie die Eiablage, so müßte bei diesem gleichmäßigen Temperaturverlauf auch die Eiablagekurve gleichmäßig verlaufen. Nun sind aber deutliche Knicke, so namentlich am 23. VI. in der Eiablagekurve, die dadurch zustande kommen, daß bei hohen Temperaturen mehr Eier abgelegt werden als nachgeschafft werden können, so daß eine vorübergehende Stockung in der Eiablage eintreten muß. So erklärt sich auch, daß in der Kurve 1931 die Eiablage vom 7. auf 8. VI. abnimmt und noch einmal bald darauf vom 10. bis 12. VI. Immer, wenn die Ablage einige Tage ziemlich hoch war oder an einem Tag übermäßig groß (über 40 Stück durchschn.), so läßt sie am nächsten Tag oder in den 2 bis 3 folgenden Tagen auffallend stark nach.

Am deutlichsten tritt das im Kurvenverlauf der Eiablage der einzelnen Tiere in Abb. 2 hervor. Je höher die Temperatur steigt, um so höher reichen die Spitzen der Eiablagekurven und um so tiefer fallen diese immer wieder ab. So kommt es, daß am 6. VI. 1928 die Weibchen I, III und VIII 0 Eier legten, trotzdem die Temperatur noch 23° betrug und am Tage vorher I noch 40 und II 48 Stück und am 4., bezw. 3. nahezu 70 jedes hervorgebracht hatten. Die erschöpften Eiröhren erholen sich aber rasch wieder, denn am nächsten Tag, 7. VI. schnellt bei allen drei die Eizahl so hoch hinauf wie vorher, um dann abermals innerhalb 4 Tage beträchtlich abzusinken. Dann bleibt sie trotz steigender Temperatur 3 Tage verhältnismäßig niedrig, um dann wieder 2—3 Tage lang rasch hochzuklettern. Sie fällt hierauf abermals bei allen 3 Tieren 4 Tage lang, erreicht am 20. und 21. VI. den Nullpunkt oder nahezu 0 um wieder 3 Tage zu steigen. Da aber die Temperatur jetzt nur zwischen 22° und 25° bleibt, steigt die Eiablage gleichfalls nicht mehr übermäßig hoch und bleibt dafür etwa 7 Tage ziemlich beträchtlich, weil offenbar die seit 3 Wochen über 22° liegende Temperatur auch die Eibildung auf großer Höhe gehalten hat. Erst am 30. VII. tritt dann wieder eine vorübergehende Eiröhrenerschöpfung ein.

Auffallend ist weiterhin, daß die großen Schwankungen in der Eiablage der einzelnen Tiere, die oberen und unteren Spitzen der Ablagekurven in Abb. 2 alle so ziemlich auf den Tag zusammenfallen. Das ist meines Erachtens die Folge des verschiedenen Wirkungsgrades der Temperatur auf Eibildung und Eiablage. Wären es rein innere Gründe, so würde es ein merkwürdiger Zufall sein, daß diese Perioden für alle Tiere zusammentreffen.

Eiablage und Eibildung werden demnach von der Temperatur verschieden stark beeinflußt. Die Eibildung beginnt bereits bei

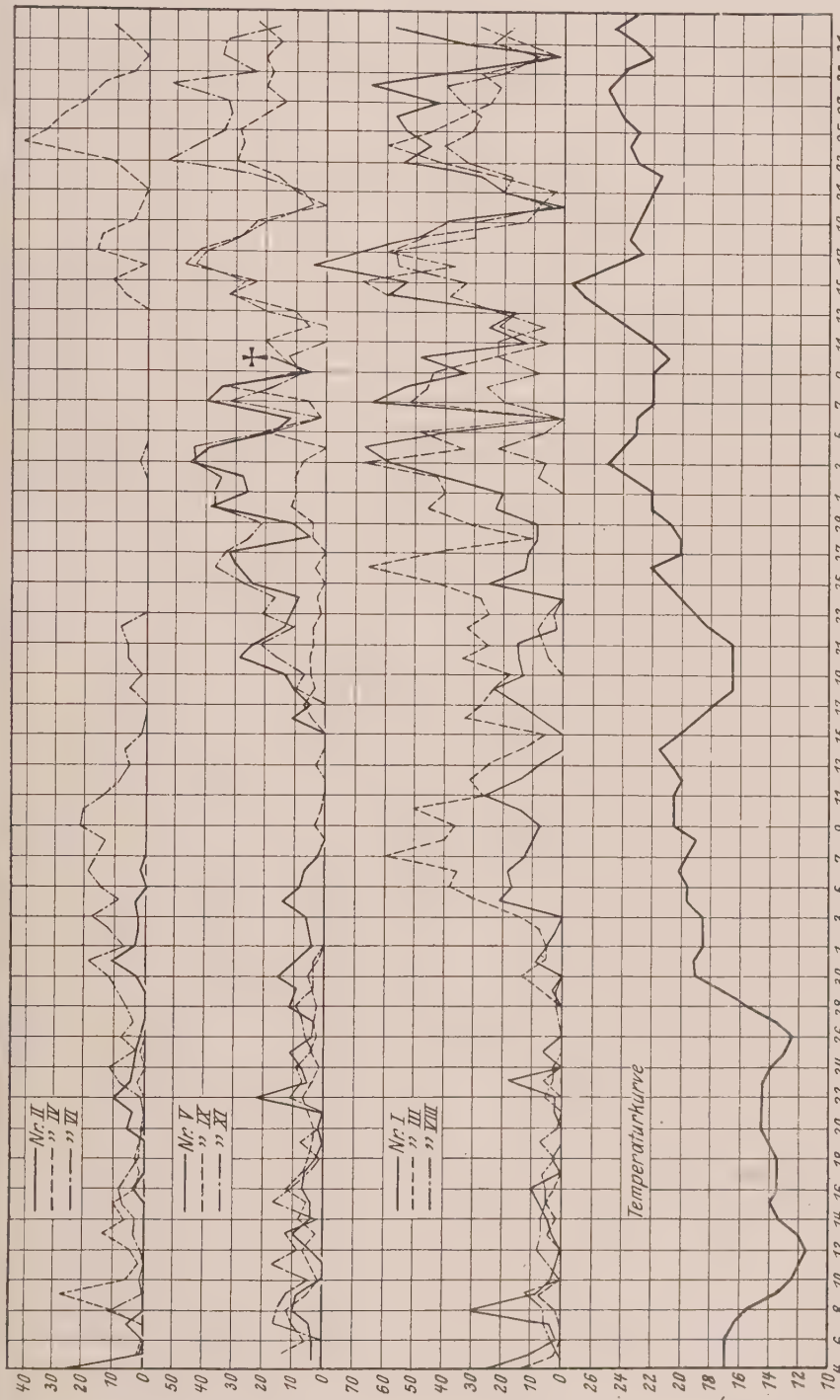


Abb. 2. Verlauf der täglichen Eiablage von 9 *Sitona lineata*-Weibchen im Jahre 1928 während der Hauptablagezeit (Mai-August). (Andersen 1931 a.)

niedrigeren Temperaturen als die Eiablage, diese wird aber durch höhere Wärmegrade stärker gefördert als jene. Außerdem wirkt sich eine Temperaturänderung auf die Eiablage rascher aus als in der Eibildung.

Auch Zwölfer (1931) beobachtete bei der Kieferneule durch steigende Temperatur eine Beschleunigung der Eibildung sowohl, wie der Eiablage. Die Zahl der gebildeten Eier war jedoch vom Wärmegrad unabhängig, wohl aber die der abgelegten.

Damit wird auch die Beobachtung (Jackson 1920 und Andersen 1931) erklärt, daß zu Beginn der Eiablage des liniierten Graurüßlers einige Tage lang verhältnismäßig viel Eier abgelegt werden, dann aber eine gewisse Zeit hindurch keine oder nur einzelne. Die Eibildung setzt eben schon bei kühler Frühjahrstemperatur ein; schließlich sind eine Anzahl legereifer oder nahezu fertiger Eier in den Ovarien und Eiröhren. Die nächsten warmen Tage bringen sie schon zur Ablage. Dann stockt diese, da die Eibildung mit ihr nicht Schritt hält und es außerdem einige Zeit dauert, bis sich die höhere Temperatur auf die noch langsame Eibildung auswirkt. Meist kommt inzwischen wieder kühleres Wetter, wodurch nicht nur die Eierzeugung abermals verlangsamt wird, sondern die Ablage meist vollständig wieder zum Stillstand kommt, so daß die Unterbrechung der Eierzeugung um so länger dauert.

Die Temperaturabhängigkeit der Eierzeugung ist demnach durchaus nicht so einfach, als es zunächst den Anschein hat.

Die höchsten durchschnittlichen Tagesleistungen in der Eiablage (2 mal 47 und 1 mal 49) wurden bei hohen Temperaturen (23°, 26,5° und 27,5°) während der Hauptablegezeit erreicht, wenn vorher längere Zeit hindurch warme Witterung (wenigstens 20°) herrschte.

Die durchschnittlichen Tageshöchstleistungen von rund 50 wurden erreicht bezw. überschritten:

1928 von 9 Weibchen 26 mal, Höchstzahl 85 (1 mal)
1929 von 12 Weibchen 1 mal, Höchstzahl 52 (1 mal)
1930 von 24 Weibchen 56 mal, Höchstzahl 75 (1 mal)
1931 von 12 Weibchen 26 mal, Höchstzahl 80 (1 mal)

Es spiegelt sich also auch in den Tageshöchstleistungen der Einfluß der durchschnittlichen Temperaturhöhe wider.

Als absolute Höchstzahlen wurden einmal 75, 80 und 85 erreicht. Bedenkt man, daß jede der 4 Eiröhren in ihrer vollen Entwicklung rund 20 Eifächer zählt, so bedeutet das, daß an einem Tag sämtliche Eifächer geleert werden können. Es wird das allerdings sicher öfter der Fall sein als es nach dem Vorkommen der Höchstzahlen den Anschein erweckt, denn 20 Eifächer in einer Eiröhre sind schon die oberste Grenze. Es wird also viel öfter vorkommen, daß die Eierstöcke weniger als 80 Eifächer im ganzen zählen, so daß wahrscheinlich bei hohen Temperaturen ziemlich häufig alle Fächer während 24 Stunden geleert werden. Darauf deutet ja auch das oftmalige Absinken der Eizahlkurven in Abb. 2 auf 0 oder fast 0 hin.

Wie wirken längere Zeit oder nur vorübergehend dauernde hohe und niedrige Wärmegrade auf die Eierzeugung?

Für die obere und untere Temperaturgrenze der Eiablage ergeben sich aus den Kurvenbildern der Abb. 1 und 2 nur Anhaltspunkte. So sinken die Eiablagekurven im Anfangsteil manchmal bis oder fast bis zur Nullinie bei Temperaturen um 12°.

Zwei Beobachtungsreihen über die Eiablage in einem kühlen Kellerraum mit ganz geringen Temperaturschwankungen zeigen folgendes Bild der Eierzeugung.

1929 wurden 5 fortpflanzungstüchtige Pärchen (X, XI, XIV, XV, XVI) am 27. V in den Kellerraum gebracht.

Die durchschnittliche Eiablage der Weibchen nahm langsam ab (s. Abb. 3), trotzdem die Temperatur auf 16° blieb, ja sogar vom 12. VI. ab langsam auf 17° stieg. Vom 7. VII. ab war die Eierzeugung fast 0, obwohl die Temperatur vom 4. VII. an auf 18° und vom 17. VII.—26. VII. allmählich auf 21° stieg. Die Folge des letzten Wärmeanstieges war noch einmal das Aufflackern der Eiablage vom 30. VII.—7. VIII. mit dem Höhepunkt (5 Eier) am 5. VIII. Bei 16,25° im Juni und 18,25° im Juli legte jedes Weibchen im Durchschnitt 168 Eier.

Die Eierzeugung kommt demnach bei 16° Wärme in der ersten Hälfte der Fortpflanzungszeit langsam zum Stillstand.

1930 wurden am 9. V. 4 legetüchtige Weibchen (XXIX, XXVI, XXVII und XXX) in den Keller gebracht, wo zunächst 11° Wärme herrschte, die bis 1. VII. allmählich auf 16° stieg.

XXX hörte sofort mit der Eiablage auf und legte erst wieder, als es am 30. VI. in den Wärmeschrank mit 26° gebracht wurde, am 2. VII. 7 Eier und bis 7. VII. im ganzen noch 74. Am 8. VII. war es tot. Weibchen XXIV stellte ebenfalls die Eiablage ein, ging aber am 12. V. verloren und wurde durch Weibchen XXV ersetzt. Dieses und XXVI und XXVII legten noch 6—9 Tage weiter, jedoch immer nur einige Stück (im ganzen durchschnittlich je 24 Eier). Dann hörten XXV und XXVII mit der Eiablage vollständig auf bis zu ihrer Übersiedlung in 26° am 30. VI. XXVII legte ebenso wie XXX am 2. VII. 2, am nächsten Tag 48, dann 44, 3 und 31 Eier und war am 7. VII. tot. XXV legte erst am 6. 7. 10 Stück und am 11. VII. noch einmal 10 und starb am 12. VII. XXVI legte im Keller bis 17. V. allmählich immer weniger, von 5 angefangen bis 1 (im ganzen 24 Eier) und stellte auch weiterhin die Eiablage nicht gänzlich ein, sondern brachte mit 3—4tägigen Pausen immer wieder einige Tage hintereinander ein paar Eier, im ganzen noch 55 Stück, hervor. Erst vom 12. VI. ab kam die Eiablege zum völligen Stillstand, der auch nach der Überführung in 26° andauerte, bis das Weibchen am 3. VII. starb.

Es folgt daraus, daß die Eiablage, sobald sie einmal im Gang ist, nicht plötzlich aufhört, wenn die Tiere in geringere Wärmegrade kommen, da offenbar die Eibildung der Eizellen, sei es durch die Nachwirkung der höheren Temperaturen (Kellerversuch 1930), sei es weil sie selbst bei der niedrigsten Temperatur im Gange bleibt (Kellerversuch 1929), noch einige Zeit andauert. Ist sie dann wochenlang unterbrochen, so genügt eine mäßige Temperaturerhöhung (auf 18°) nicht, um sie wieder fortzusetzen. Eine starke Temperaturerhöhung macht sich frühestens nach 2 Tagen durch eine mäßige Eiablage, die dann in den nächsten Tagen rasch höher geht, bemerkbar.

Bei 16° hört demnach die Eiablage langsam in rund 14 Tagen, bei 11° rascher, in 0—9 Tagen auf, wenn sie vorher schon im Gange war. Im übrigen beweist gerade der erste Versuch (1929) die früher abgeleitete Tatsache, daß geringe Wärmegrade zu Beginn der Fruchtbarkeit die Eierzeugung dauernd hemmen, so daß selbst spätere hohe Temperaturen nicht ausgleichend wirken können.

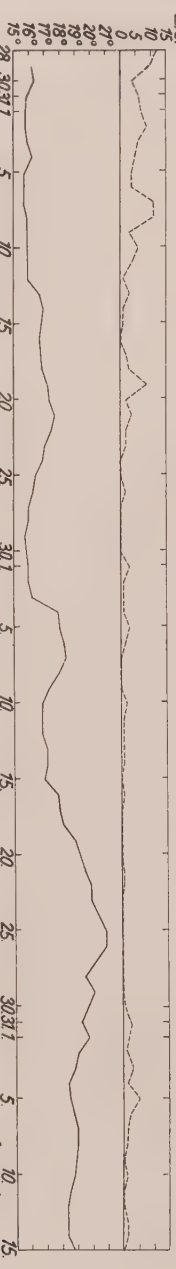


Abb. 3. Durchschnittliche tägliche Eiablage von 5 Weibchen, die vom Arbeitszimmer am 27. Mai in den Keller gebracht wurde.

Um den Einfluß länger dauernder hoher Wärmegrade zu prüfen, wurden 1931 8 Weibchen, die in voller Legetätigkeit waren, am 11. VI. in den Wärmeschrank mit 26° gebracht.

Nur eines (VIa) legte weiter bis zu seinem Tod am 30. VI. Seine Eizahl war bis 24. VI. sehr hoch (durchschnittlich täglich 44 Stück) und nahm dann rasch ab. Im ganzen legte es im Wärmeschrank 556 Stück in 19 Tagen. Ein anderes (IVa) legte zunächst 2 Tage lang nichts und dann mäßig bis zum 28. VII. (im ganzen 359 Stück); es starb am 27. VII. Weibchen VIIa legte am 2. Tag 55 Stück, dann 40, 31, 20, 20, 1, 0, 4, 25, 10; im ganzen in 11 Tagen 206. Bis 24. VII. brachte es noch weitere 5 Eier an 4 auseinanderliegenden Tagen hervor und lebte bis 24. VII. Weibchen VIIIa hat am 3. VII. im Zimmer (24°) 60 Eier gelegt, kommt nun in 26° und legt in den nächsten Tagen 43, 27, 48, 38, 26, 18, 10, 15, 4, im ganzen in 9 Tagen 229 Eier. Dann hört die Eiablage auf und das Tier geht am 2. X. ein. Weibchen Va legt in 26° am 2. Tag 5, dann 2 Eier und ist am 3. Tage tot. Ähnlich geht es mit IIIa, das in 26° zunächst 4 Tage keine, hierauf 2mal 2 Eier hervorbringt und am 8. Tage tot ist. I und VI legten überhaupt nicht und gingen am 16. VII. nach 32 bezw. am 21. VI. nach 5 Tagen ein.

Bei gleichbleibender Wärme von 26° nimmt die Eiablage demnach rasch ab, einige Tiere legen überhaupt nicht mehr, andere nur noch ein paar Tage mit schnell sinkender Eizahl. Durchschnittlich werden noch bis zum 11. Tage 170 Eier, täglich 15 Stück, erzeugt.

Wie sich starke tägliche Wärmeschwankungen in der Eiablage auswirken, zeigt folgende Beobachtungsreihe. 6, im Zimmer auf Legetüchtigkeit geprüfte Weibchen (II, IV, VI, VIII, X, XII) wurden 1930 in Glasschalen eingezwingert und im Freien so aufgestellt, daß sie vor Sonnenstrahlen und Regen geschützt waren.

Es legten am 8. V. noch 5 Tiere durchschnittlich 4 Eier. Dann stellten alle die Eiablage ein, da die Temperatur bis 13. V. auf 8° bis 9,5° sank und tagsüber nur bis 12° stieg. Am 13. ging sie mittags auf 15°, fiel aber bis abends wieder auf 9°. Am 14. und 15. V. betrug sie mittags 13° und abends zwischen 6 und 7 Uhr 11° und 13°. An diesen

beiden Tagen war das Mittel 11 Eier. Am 15. V. legten dann 2 Weibchen 2 und 10 Eier. Am nächsten Tag stieg die Temperatur von 6° um 7 Uhr, bis 21° mittags und fiel bis abends 7 Uhr nur auf 17°. An diesem Tage legten alle Tiere, und zwar im Durchschnitt 5 Eier.

Wir schließen daraus, daß die Eiablage einsetzt, wenn die Temperatur täglich wenigstens einige Stunden über 13° liegt, selbst wenn sie vorübergehend bis 6° sinkt.

Der gleiche Versuch gibt ein Bild der Eierzeugung bei zeitweise hohen Temperaturen. Die Wärme stieg vom 30. V. bis 30. VI. an 21 Tagen mittags über 26° und betrug an 3 Tagen sogar noch abends zwischen 6 und 7 Uhr 26° und darüber. 32°, die höchste, wurde an 3 Tagen und 31° an 6 Tagen erreicht. Der mittlere Tagestemperaturverlauf im Monat Juni bewegte sich von 16° vormittags 6 bis 7 Uhr bis 27,6° mittags und 22,8° abends 18 bis 19 Uhr. Im Mai sind die entsprechenden Zahlen 9°, 17,6° und 15°. Die Eiablage bei diesen Tieren zeigt die Tabelle 2. Die mittlere Monatstemperatur war für Mai 13,3°, für Juni 21,1°. Das Tagesmittel erreichte nur einmal im Juni 25°.

Tabelle 2.

Eiablage und Lebensdaten der 1930 im Freien aufgestellten Käfer.

Pärchen Nr.	II	IV	VI	VIII	X	XII	Mittel
♀ legt vom 8. —31. 5.	219	96	232	324	148	258	— Stück Eier
♀ legt vom 1. 6. bis Schluß . .	1101	1198	746	224[1])	0	416	— „ „
♀ legt im ganzen	1310	1294	978	548	148	674	**894** „ „
♀ legt die letzten Eier am . .	30. 7.	29. 6.	9. 6.	—	30. 5.	14. 6.	**23. 6.**
♀ starb am	31. 7.	29. 6.	9. 6.	—	31. 5.	21. 6.	**28. 6.**
Dauer des Greisenalters in Tagen	1	0	0	—	1	7	**2**

Die Legedauer betrug durchschnittlich vom 12. V. bis 23. VI. = 42 Tage. Die Tageshöchstleistung lag im Mai 2 mal, im Juni 19 mal über der mittleren Höchstzahl 50.

Aus diesen Beobachtungen folgt, daß Wärmegrade bis 32° vertragen werden, wenn sie nur ein paar Stunden täglich andauern, daß aber doch langsam eine Schädigung eintritt. Diese äußert sich 1. in der geringeren durchschnittlichen Gesamteierzeugung, die mit 894 Stück deutlich hinter jener der im Zimmer gehaltenen Tiere mit 1400 Eiern zurückbleibt und 2. in dem frühen Absterben der Käfer, so daß so gut wie kein Greisenalter zu beobachten ist. Dabei war das Temperaturmonatsmittel für Mai im Zimmer 16,5° und für Juni 23,2°, also beide Male höher als im Freien. Es fehlten aber im Zimmer die starken Schwankungen und namentlich die, wenn auch vorübergehend hohen Wärmegrade.

[1]) Ging am 7. 6. verloren.

Bleibt also die Temperatur einige Tage über 26°, so tritt starke Schädigung ein, steigt sie aber längere Zeit, selbst einige Wochen hindurch, nur vorübergehend, d. i. einige Stunden täglich bis 30° und darüber, so ist der Schaden geringer und zunächst kaum merkbar. Er zeigt sich erst in der verminderten Gesamtleistung, der verkürzten Legedauer und Lebenszeit.

Interessant ist es, diese Temperaturabhängigkeit der Eiablage mit dem Verhalten der Käfer (Aktivität) bei den verschiedenen Wärmegraden (Andersen 1931) zu vergleichen. Die Kältestarre beginnt bei 0,7°. Bis zu 2° ist die Aktivität sehr gering, die Tiere bewegen sich kaum und dann nur ganz langsam. Bis 23,9° nimmt die Beweglichkeit langsam zu, die Käfer sind ruhig und laufen nur hier und da langsam bis mittelschnell. Von 24° an werden sie aber lebhaft. Wenn sie sich nicht in Verstecken verborgen halten, laufen sie rasch und ruhelos umher. Bei 25° liegt die Vorzugstemperatur, die sie am liebsten aufsuchen und wo sie sich offenbar am wohlsten fühlen. 32,8° beträgt die Schrecktemperatur. Über 33° fühlen sie sich sichtlich unbehaglich und laufen hastig umher. Von 37,5° an steigert sich ihre Erregung so, daß sie es auch in Verstecken nicht mehr aushalten und mit ungeordneten, zappeligen Bewegungen umhertaumeln, bis bei 42,5° Wärmestarre und bei 44,3° in einigen Minuten der Wärmetot eintritt.

Wie verhalten sich andere Insekten hinsichtlich der Temperaturabhängkeit ihrer Eierzeugung?

Titschack (1925) stellt bei der Kleidermotte einen im Verhältnis zum linierten Graurüßler geringen Einfluß der Temperatur auf die Eierzeugung fest. Wurden die Raupen der Kleidermotte bei 15° aufgezogen, so legten die Schmetterlinge durchschnittlich 97,7 Eier im Gesamtgewicht von 2,5 mg, d. i. 44,6% des Gewichts der frisch geschlüpften Imagines. Bei 30° waren es zwar nur 79 Eier mit 2,0 mg, aber 47,6% des Anfangsgewichts der Schmetterlinge. Die Eizahl nimmt also mit steigender Temperatur sogar ab und nur der generative Anteil gegenüber dem somatischen im Körper des Weibchens in geringem Maße zu.

Auch Zwölfer (1931) findet bei der Kieferneule keinen merklichen Einfluß des Wärmegrades (8° bis 22°) auf die Zahl der erzeugten legereifen Eier. Höhere Temperaturen beschleunigen lediglich die Eibildung. Die Eiablage, die innerhalb einiger Tage (bis höchstens 17) erfolgt, ist allerdings weitgehend von der Temperatur abhängig. Sie beginnt zwischen 6° und 8°, erreicht die Höchstzahl bei 14° bis 19° und hört bei etwa 29° auf. Bemerkenswert ist, daß bei *Panolis flammea* die Legefähigkeit trotz längeren (4 Wochen) Aufenthalts in ungünstigen Bedingungen nicht verloren geht.

In beiden Fällen, bei der Kleidermotte, wie bei der Kieferneule ist also die Zahl der gebildeten Eier innerhalb weiter Grenzen so gut wie

unabhängig vom Wärmegrad. Nur die Eiablage wird (ob bei der Kleidermotte auch?) davon beeinflußt. Beim linierten Graurüßler wirkt die Temperatur so wohl auf die Eiablage, als auch auf die Eibildung ein, wenn auch auf jene in geringerem Maße als auf diese. Es hängt das sicherlich damit zusammen, daß in den beiden erstgenannten Fällen Eibildung und -ablage zeitlich getrennt sind und entweder ganz oder großenteils auf verschiedenen Entwicklungsstufen vor sich gehen, beim linierten Graurüßler dagegen beide Teilvorgänge der Eierzeugung größtenteils zeitlich zusammen in das Imaginalstadium fallen. Dazu kommt hier noch die lange Dauer der Fruchtbarkeit und die große Eizahl (bis über 2000) im Gegensatz zu den verhältnismäßig kleinen Eimengen der Kleidermotte (rund 98) und der Kieferneule (im günstigsten Falle 190).

Ernährung und Eiablage.

Neben der Temperatur ist es vor allem die Menge und die Art der Nahrung, die die Größe der Eierzeugung beeinflußt.

Um den Einfluß der Nahrungsmenge festzustellen, wurde folgendermaßen verfahren. 11 Pärchen bekamen vom 17. V. 1931 ab jeden dritten Tag frische Bohnenblätter. Nach 24 Stunden wurden diese aus den Zuchtschalen entfernt und die Käfer mußten 2 Tage hungern. Um die Luftfeuchtigkeit in den Zuchtgefäßen auf gleicher Höhe wie bei den reichlich ernährten Tieren, die alle Tage mit Bohnenblättern gefüttert wurden, zu halten, legte ich an den beiden Hungertagen andere Blätter von Pflanzen, die nicht gefressen wurden, in die Schalen. Das Ergebnis ist in folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 3.

Eiablage und Lebensdaten der jeden 3. Tag ernährten Tiere (Hungertiere).

Pärchen Nr.	Ib	IIb	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb	IXb	Xb	XIb	Mittel
♀ legt die letzten Eier am	5. 7.	26. 5.	31. 5.	1. 7.	26. 5.	23. 5.	17. 7.	7. 8	5. 6.	28. 6.	4. 8.	**21. 6.**
♀ starb am .	1. 10.	28. 5	13. 6.	11. 10.	10. 10.	16. 11.	7. 11	13. 10	13. 6	20. 7.	21. 9.	**2. 9.**
Dauer des Greisenalters in Tagen .	88	2	13	72	137	177	113	66	8	22	48	**73**
♂ starb am .	13. 6.	22. 5.	20. 5.	28. 5.	7. 7.	1. 7.	—	22. 5.	23. 5	29. 5.	—	**4. 6.**
Eiablage 17. bis 19. 5. . . .	31	47	73	39	87	60	54	62	71	56	102	**62** Eier
Eiablage 20. 5. bis Schluß .	43	20	43	60	1	1	83	190	18	49	117	**57** „

Zum Verständnis der Tabelle sei bemerkt, daß die Eier nicht jeden Tag gezählt wurden, sondern am Tage der Fütterung (diese Zahl enthält die Eiablage während der 2 Fasttage) und 24 Stunden später, als die Blätter aus der Zuchtschale wieder entfernt worden sind.

Der teilweise Nahrungsentzug macht sich sofort durch ein starkes Absinken der täglichen Eierzeugung bemerkbar. Am 17. V. wurden für

Tabelle 4.

Tägliche Eileistung der 11 Hungertiere.

Am:	17. V.	18./19.	20.	21./22.	23.	24./25.	26.	27./28.	29.	30./31.
Eizahl:	30	32	0,3	10	1	2	1	1,9	0	5

Am:	1. VI.	2./3.	4.	6./7.	8.	9./10.	11.	12./13.	14.	15./16.
Eizahl:	0	1	1,5	10	1	0,1	2	0,1	0,1	0

17.	18./19.	20.	21./22.	23.	24./25.	26.	27./28.	29.	30.
2,5	2,5	3,5	1,3	1,5	1	0,3	1	1,8	—

Am:	1. VII.	2.	3./4.	5.	6./7.	8.	9./10.	11.	12./13.	14.	15./16.
Eizahl:	2	1,3	0,4	0,1	0,1	0	0,3	0,3	0	0,5	0,8

17.	18./19./20.	21.	22./23.	24.	25./26.	27.	28./29.	30.	31.
1	0	0,3	0,3	0	0	0,4	1,7	0,7	0,8

Am:	1. VIII.	2./3.	4.	5.	6.	7.
Eizahl:	0	0,6	1	1,5	1	0,5

jedes Weibchen noch durchschnittlich 30 Eier gezählt, das ist mehr als der Durchschnitt (13) der voll ernährten Tiere (Kurvenbild 1931 in Abb. 1). Am 17. und 18. V. wurde zum erstenmal nicht gefüttert. Für diese beiden Tage zusammen betrug die Eizahl 32. Am 19. V. wurde wieder gefüttert; die Eizahl ist auf fast 0 gesunken. Wenn dieser Rückgang auch teilweise auf eine vorübergehende Erschöpfung der noch nicht voll entwickelten Eiröhren zurückzuführen sein mag, so spielt dabei doch der Nahrungsmangel eine ausschlaggebende Rolle. Das geht schon daraus hervor, daß die Eierzeugung nach dieser starken Abnahme nie mehr, auch nicht vorübergehend, nur annähernd den Betrag erreicht, den sie vor dem Nahrungsentzug aufwies. Daß eine Temperaturerniedrigung nicht schuld sein kann, beweist die Mittelwertskurve der voll ernährten Tiere und der Temperaturverlauf von 1931 in Abb. 1.

Wir stellen also fest, daß der Nahrungsentzug sich sofort, d. h innerhalb 24 Stunden, auf die Eierzeugung auszuwirken beginnt. Umgekehrt macht sich die vorübergehende Nahrungszufuhr auch schon nach kurzer Zeit in einem Ansteigen der Eiziffer geltend. So wurden am 22. V. für die 2 vorhergehenden Tage durchschnittlich zusammen 10 Eier gezählt, nachdem am 19. gefüttert worden war. Dabei ist allerdings zu beachten, daß diese 10 Eier nicht allein auf Rechnung der vorübergehenden Nahrungszufuhr gehen, sondern daß die Eierstöcke noch in gutem Entwicklungszustand sind und durch das 2tägige Hungern nicht rückgebildet sein können. Durch die weiteren gleichmäßigen Ernährungspausen wird aber die Weiterentwicklung der Fortpflanzungsorgane sichtlich gehemmt. Die durchschnittliche Eierzeugung nimmt fortgesetzt langsam ab. Daß sie sich noch bis zum 7. VIII., allerdings kümmerlich, hinschleppt, rührt davon her, daß die Weibchen XI b und namentlich VIII b, nachdem sie wochenlang kein Ei mehr gelegt haben, im Juli wieder einige erzeugen.

Es sind das auch die beiden Tiere, die die größte Gesamtmenge hervorbrachten. Die meisten hören mit der Eiablage ziemlich früh auf, durchschnittlich am 21. VI., die voll ernährten Tiere am 28. VII.

Die Gesamteierzeugung ist dementsprechend gering. Sehen wir von der Eimenge der ersten 3 Tage, an denen die volle Ernährung noch ganz oder fast ganz sich auswirkt, ab, so werden vom 20. V. bis zum Schluß der Legetüchtigkeit durchschnittlich nur 57 Eier von einem Weibchen erzeugt, während sie in den drei Tagen vom 17. bis 19. V. allein schon je 62 Stück durchschnittlich gelegt haben und die voll ernährten Tiere durchschnittlich im ganzen 1570.

Bemerkenswert ist, daß sich die größeren Temperaturschwankungen trotz der starken Drosselung der Eierzeugung doch noch, wenigsten in den ersten Wochen, bemerkbar machen. So entspricht die verhältnismäßig hohe Eizahl 5 am 30. und 31. V., ebenso die noch höhere 10 am 6. und 7. VI. den Spitzen der Eiablagekurve der Kontrolltiere in Abb. 1. Späterhin ist die Eierzeugung allerdings so gering, daß sich Temperaturschwankungen nicht mehr deutlich auswirken.

Was läßt sich aus diesen Beobachtungen über den Zusammenhang zwischen Ernährung der Käfer, Eierzeugung und das übrige Lebensgeschehen folgern? Bekommen die Käfer abwechselnd 24 Stunden lang Futter und läßt man sie dann 48 Stunden hungern, so reicht die Nahrungsmenge gerade hin, das Leben zu erhalten. Die Eiablage sinkt sehr rasch ab und wird nach kurzer Zeit schon fast Null. Eine Lebenszeitverkürzung gegenüber den voll ernährten Tieren macht sich nur bei den Männchen bemerkbar, die durchschnittlich 3 Wochen früher (4. VI.) absterben (26. VI.). Bei den hungernden Weibchen ergibt sich sogar eine im Durchschnitt um eine Woche längere Lebensdauer (bis 2. IX.) gegenüber den voll ernährten (bis 27. VIII.). Die Weibchen können offenbar den Ausfall an Nahrung dadurch ausgleichen, daß sie die Eierzeugung sofort so weit einschränken, wie es der größere oder geringere Überschuß an Nährstoffen erfordert, der von dem übrigbleibt, was für die Aufrechterhaltung der lebenswichtigen Aufgaben des Körpers notwendig ist. Wir müssen also annehmen, daß mit der aufgenommenen Nahrung zuerst das Leben des Tieres unterhalten wird und erst das, was davon übrig bleibt, zur Eierzeugung Verwendung findet. Es stimmt das scheinbar nicht damit überein, daß der Natur die Erhaltung der Art vor der des Einzelwesens geht. Tatsächlich ist aber in diesem Falle die Erhaltung in der Art besser gewährleistet, wenn das Weibchen vor allem am Leben erhalten wird, indem es bei Nahrungsmangel die Eierzeugung einschränkt oder ganz unterbricht, als wenn es sich durch die Eierzeugung verausgabt und erschöpft. Bei vorübergehendem Nahrungsmangel bleibt auf diese Weise das Tier erhalten und kann, so bald wieder hinreichend Nahrung vorhanden ist, von neuem Eier hervorbringen, und zwar mehr, als wenn es ohne Rücksicht auf die Erhaltung seines eigenen Lebens bei Nahrungsmangel die Eierzeugung noch einige Zeit lang auf Kosten seiner übrigen Körpervorräte in größerem Maßstabe fortgesetzt hätte.

Eines scheinen die Tiere nicht zu können, nämlich während des Tages, wo ihnen die Nahrung überreichlich zu Gebote steht, so viel zu fressen, daß der Ausfall der beiden vorhergehenden Hungertage mehr oder weniger ausgeglichen wird, denn sonst müßte ja die Eierzeugung ungestört weitergehen. Sie sind also darauf angewiesen, **täglich** eine bestimmte Nahrungsmenge zu sich zu nehmen. Der Augenschein zeigt auch, daß die Käfer nach den 2 Hungertagen sich zwar sofort ans Fressen machen, aber schätzungsweise an dem Futtertag kaum mehr aufnehmen als die voll ernährten Tiere täglich. Es dürfte das damit zusammenhängen, daß unter den Verhältnissen wie sie *Sitona lineata* gewöhnlich im Freien antrifft, im allgemeinen kein Nahrungsmangel eintritt — höchstens vorübergehend gleich bei ihrem Erscheinen, wenn die Nahrungspflanzen noch sehr klein sind —, so daß die Tiere also zu jeder Zeit genügend fressen können.

Um den Einfluß der Qualität der Nahrung auf die Eierzeugung zu prüfen, wurden 2 weitere Versuchsreihen angestellt. In der ersten bekamen 11 *Sitona lineata*-Pärchen alle Tage frische Rotkleeblätter und in der zweiten 11 Pärchen alle Tage frische Linsenblätter zu fressen. Rotklee (Trifolium pratense) wird erst in zweiter Linie nach Erbsen, Bohnen und Wicken und Linsen nur in geringem Maße gefressen.

Das Ergebnis der Ernährung mit Rotklee ist in der Tabelle 5 zusammengestellt und die tägliche mittlere Eimenge in Abb. 1 (1931) graphisch mit dargestellt.

Tabelle 5.

Eiablage und Lebensdaten der mit Rotklee ernährten Tiere.

Pärchen Nr.	Ic	IIc	IIIc	IVc	Vc	VIc	VIIc	VIIIc	IXc	Xc	XIc	Mittel
♀ legt die letzten Eier am . . .	6. 7.	13. 6.	31. 7.	25. 7.	24. 8.	24. 7.	23. 7.	23. 6.	26. 6	5. 6.	10. 7.	**8. 7.**
♀ starb am . .	10. 12.	13. 6.	21. 8.	18. 9.	23. 9.	10. 8.	21. 8.	21. 8.	8. 7.	13. 6.	21. 8.	**19. 8.**
Dauer des Greisenalters in Tagen	157	0	21	55	61	17	29	59	12	8	42	**42**
♂ starb am . .	17. 6.	28. 5.	31. 5.	18. 6.	29. 5.	—	—	14. 6.	8. 7.	13. 6.	6. 6.	**11. 6.**
Eimenge . . .	334	437	185	301	471	713	1077	481	295	66	49	**401**

Die Gesamteierzeugung geht bei Rotkleefütterung bei jedem Weibchen beträchtlich zurück. Statt 1570 Stück werden unter sonst gleichen Bedingungen nur 401 Stück durchschnittlich während der ganzen Legetätigkeit hervorgebracht. Erwartungsgemäß ist der Abfall der Eierzeugung hierbei nicht so rasch wie bei den Hungertieren. Die Kurve der täglichen Eiablage in Abb. 1 zeigt, daß in den ersten 3 Tagen die Eierzeugung noch über dem Durchschnitt der Bohnentiere liegt, vom 2. Tag an aber ständig abnimmt. Das hängt teilweise mit

dem Temperaturrückgang zusammen. Die Abwärtsbewegung der Eiablagekurve der Rotkleetiere macht aber auch dann noch nicht halt, wenn die Temperatur wieder ansteigt und die Kurve der Bohnentiere schon lange gleichfalls wieder in die Höhe gegangen ist. Sie sinkt vielmehr 10 Tage lang stetig bis auf durchschnittlich 3 Eier. Von nun ab bewegt sie sich zwischen 3 und 10 Stück täglich und steigt nur zweimal bis 15 als Höchstzahl. Bemerkenswert ist dabei, daß diese Spitzen der Eiablagekurve wieder mit hohen Temperaturen zusammenfallen und die Kurve der Rotkleetiere im allgemeinen die gleiche Bewegung zeigt wie die der Bohnentiere. Es weist also die verhältnismäßig geringe Eierzeugung der Rotkleetiere noch eine deutliche Temperaturabhängigkeit auf. Nur wirkt sich diese hier weniger stark aus, wie die kleineren relativen Unterschiede der Tagesmittel zeigen.

Worauf ist die geringe Eierzeugung der mit Rotklee ernährten Käfer zurückzuführen? Ist es eine unmittelbare Folge der geringeren Güte (Qualität) der Nahrung? Höchstwahrscheinlich ist das nicht der Fall. Wir beobachten nämlich, daß unsere Versuchstiere vom Rotklee viel weniger fressen, als die Vergleichstiere von den Bohnenblättern. Daraus dürfen wir schließen, daß es auch hier in erster Linie die Menge der täglich aufgenommenen Nahrung ist, die die Größe der Eierzeugung bestimmt, weniger die Güte, d. h. ernährungsphysiologische Wertigkeit. Diese könnten wir nur dann dafür verantwortlich machen, wenn die Rotkleetiere genau so viel oder noch mehr fressen würden als die Bohnentiere. Die Qualität = Geschmacksgüte, spielt demnach nur mittelbar eine Rolle bei der Eierzeugung insofern sie die Nahrungsmenge bestimmt, welche die Käfer zu sich nehmen.

Noch deutlicher wird das beim 2. Versuch, bei dem die Käfer mit Linsen gefüttert wurden. Es war mir bereits bekannt, daß die Tiere Linsenblätter höchst ungern fressen. Ich hätte aber erwartet, daß sie, wenn keine andere Wahl ist, wenigstens so viel davon zu sich nehmen, daß sie längere Zeit am Leben bleiben.

Die Tiere bekamen am 16. V. zum erstenmal Linsenblätter. Am nächsten Tag hatte nsie durchschnittlich 10,6 Eier gelegt, am folgenden nur 3, am 3. Tag 2,5 und am 4. nur mehr 1 Ei. Schon am 4. Tag der Linsenfütterung waren aber 3 Pärchen tot. Da zu befürchten war, daß ohne andere Nahrung alle Käfer in den nächsten Tagen absterben würden, so wurde ihnen am 20. V. je ein Weißkleeblatt gereicht, dann wieder Linsen gefüttert. Trotzdem gingen aber bis 25. V. weitere 3 Männchen ein und trotz abermaliger eintägiger Weißkleefütterung am 26. V. noch 6 Tiere. Die übrig gebliebenen 6 Käfer wurden teilweise noch bis Ende Juli dadurch am Leben erhalten, daß sie zwischendurch Bohnen- oder Weißkleeblätter zu fressen bekamen. Die Eiablage hatte aber so gut wie aufgehört. Nur das Weibchen Vd legte am 5., 6. und 7. VI. 18 Eier und Weibchen Xd am 5. und 6. 24 Stück. Es war das offensichtlich die Wirkung der Bohnenblättergabe am 1. und 2. VI. und der Weißkleefütterung am 3. VI. Vorher

und nachher legten die Tiere kein einziges Ei. Die beiden anderen noch vorhandenen Weibchen (Id und XId) hatten auf die bessere Fütterung nicht mehr geantwortet.

3 neue Pärchen, die am 20. V. statt der bereits abgestorbenen in den Linsenfütterungsversuch eingestellt wurden, legten bis 23. V., also 3 Tage lang, noch Eier (9, 20 und 11 Stück) und waren bis 29. V. alle tot.

Daß bei diesem Fütterungsversuch die Eiablage der Käfer so rasch abklingt und die Tiere so früh zugrunde gehen, liegt daran, daß sie die Linsenblätter so gut wie gar nicht befressen haben. Obwohl ihnen nichts anderes zur Verfügung gestanden hat, haben sie davon nicht einmal so viel gefressen, daß sie nicht verhungerten.

Die Art der Nahrung ist für die Menge der erzeugten Eier sehr wichtig. Je mehr der linierte Graufüßler die Blätter einer Hülsenfruchtart bevorzugt, um so lieber sie also gefressen werden, desto mehr nehmen sie davon als Nahrung auf und um so mehr Eier werden erzeugt. Die Güte, d. i. Geschmacksqualität, bedingt also mittelbar die Eimenge.

Vergleicht man die Lebensdauer der Linsentiere mit den Zeiten, die die Käfer bei verschiedenen Temperaturen hungern können, so stellt sich heraus, daß die Linsentiere fast ebenso rasch zugrunde gegangen sind wie Hungertiere bei der gleichen Temperatur.

Die Hungerversuche zeigten folgende durchschnittliche Lebensdauer für vorher gut genährte Tiere im Juni:

Bei 4,5° = 15,5 Tage
6,2° = 13,3 „
9 ° = 9,45 „
15,5° = 4,4 „

Für 20° ergeben sich aus dem Kurvenverlauf (Abb. 4) 2,5 Tage. Die Temperatur bei dem Linsenfütterungsversuch schwankte zwischen 18° und 20° und stieg bei den 3 letzten Pärchen bis 29. V. auf 24°.

Es folgt daraus, daß, selbst wenn es der Augenschein nicht bezeugen würde, die mit Linsen gefütterten Käfer verhungert sind, weil sie so gut wie nichts gefressen haben und daß andererseits die Lebensdauer und wahrscheinlich die Legezeit, höchst wahrscheinlich aber nicht die noch zur Ablage kommenden Eier der Linsentiere von der Temperatur beeinflußt werden.

Daß ungenügende Ernährung die Zahl der Nachkommen verringert, wurde auch für andere Insekten nachgewiesen. So fand E. Titschack bei der Kleidermotte (1922), daß die Eizahl von durchschnittlich 141,7 Stück bis auf 4,3 für jedes Weibchen abnahm, je nach der Anzahl Raupen (von 3 bis zu 250), die auf 1 g Wolle gezüchtet worden sind. Für den *Agliataufalter* hat Standfuß (nach Weidling 1929) nachgewiesen, daß die Schmetterlinge aus unter Nahrungsmangel aufgezogenen Raupen sehr wenig Eier liefern. Weidling fand bei Dipteren, daß Hungertiere, also solche, die aus ungenügend ernährten Larven sich entwickelten, von *Calliphora erythrocephala*, *Stegomyia fasciata* und *Anopheles maculipennis* weniger Eiröhren und damit eine geringere Eiablage aufwiesen als Imagines aus reichlich ernährten Larven.

Etwas genauer müssen wir auf die interessanten Ergebnisse der Untersuchungen Titschack (1930) über die Abhängigkeit der Eierzeugung vom Nahrungsverbrauch bei der Bettwanze eingehen, weil dieses Insekt am ersten noch, was die Zeitpunkte der Eibildung und Ernährung anlangt, mit unserem Versuchstier sich vergleichen läßt und weil Titschack zum erstenmal die Abhängigkeit zwischen beiden Größen zahlenmäßig genau feststellte. Er konnte auch bei *Cimex lectularius* beobachten, daß sowohl Eianzahl als auch Gesamteimasse von der Nahrungsmenge abhängt. Je mehr die Tiere gefressen hatten, um so größer war die Zahl der Eier eines Geleges und um so größer auch die Eimasse. Dabei ist zu berücksichtigen, daß das Eigewicht, wenn in einer bestimmten Zeit viele Eier abgelegt werden, geringer ist, als wenn nur wenige erzeugt werden. Außerdem zeigte sich, daß, je mehr Eier von einem Weibchen hervorgebracht werden, um so weniger Nahrung für die Erzeugung eines Eies verbraucht wird. Das läßt sich auch für *Sitona lineata* nachweisen. Wir haben gesehen, daß die voll ernährten Tiere von 1931 durchschnittlich 1570 Eier ablegten, die jeden 3. Tag gefütterten aber nur 57 Stück. Erinnern wir uns, daß die Hungertiere am Fütterungstag ungefähr die gleiche Blattmasse zu sich genommen haben wie die vollernährten täglich, so stehen die Nahrungsmengen der Hungertiere denen der voll ernährten ungefähr wie 1 : 3, die Eierzeugung aber wie 1 : 28 gegenüber. Je geringer die Nahrungsmenge ist, um so ungünstiger (unrentabel) ist also auch hier die Eierzeugung.

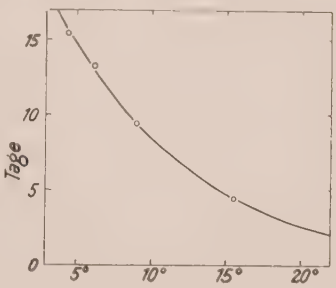


Abb. 4. Lebensdauer der *Sitona lineata*-Käfer im Hungerversuch.

Den Hauptgrund dafür haben wir schon oben kennen gelernt. Die aufgenommene Nahrung dient ja nur zum Teil der Eierzeugung. Je geringer die Nahrungsmenge ist, um so größer ist der verhältnismäßige Anteil der zur Erhaltung des Lebens jeden Weibchens benötigten Nahrung und um so weniger bleibt für die Eierzeugung übrig. Bei unserem Hungerversuch, bei dem die Eierzeugung auf $^1/_{28}$ der voll ernährten Tiere gesunken ist, sind wir gerade an der Grenze dessen, wo fast alle Nahrung für die Erhaltung des Lebens benötigt wird und fast nichts für die Fortpflanzungstätigkeit übrig bleibt. Es wäre also ungefähr $^1/_3$ der Nahrung der vollernährten Tiere für die Lebenserhaltung nötig und $^2/_3$ können dann für die Eierzeugung verbraucht werden.

Über den Einfluß der Qualität der Nahrung auf die Eierzeugung anderer Insekten liegen zum Vergleich Untersuchungen Titschacks an der Kleidermotte (1926) vor. Eine Verschlechterung der Nahrung bewirkt auch hier eine Abnahme der Eizahl. Ebenso sinkt das Gewicht der ab-

gelegten Eier im Verhältnis zum Körpergewicht, das die Weibchen zu Beginn der Eiablage aufweisen (Anfangsgewicht). Wollen wir *Sitona lineata* mit *Tineola biselliella*, die als Imago keine Nahrung mehr zu sich nimmt, vergleichen, so müssen wir von unserem Käfer einen Vergleichszustand schaffen, indem wir zu dem Körpergewicht der Weibchen am Beginn der Eiablage das des ganzen Geleges hinzufügen.

30 Weibchen wogen anfangs Mai im Mittel 5,7 mg; niederstes Gewicht 4,4 mg, höchstes 7,2 mg.

Für 30 Männchen war das Durchschnittsgewicht 4,3 mg, 3,4 mg das niederste und 5,2 das höchste.

Das Eigewicht wurde aus Wägungen von je 200 Eiern von 20 Weibchen an 8 verschiedenen Tagen bestimmt. Sie wogen 3,40, 3,40, 3,20, 3,23, 3,10, 3,20, 3,30 mg, ein Ei durchschnittlich 0,0153 mg.

Da die Lebensbedingungen für die gut ernährten Weibchen (Bohnentiere) und für die schlecht ernährten (Rotkleetiere) bis zum Beginn der Fortpflanzung durchschnittlich gleich waren, so dürfen wir das Körpergewicht für beide gleich ansetzen. Das Anfangsgewicht von *Sitona lineata* beträgt demnach für die gut ernährten Weibchen (1600 Eier) im Mittel 5,7 mg + 24,5 mg = 29,2 mg, das der schlecht ernährten (401 Eier) 5,7 mg + 6,1 mg = 11,8 mg. Das Gewicht der abgelegten Eier beträgt bei den gut ernährten Tieren 76%, bei den schlecht ernährten nur 52% des Anfangsgewichtes der Weibchen. Es ergibt sich also auch hier, daß gut genährte Tiere verhältnismäßig mehr Eisubstanz erzeugen als schlecht genährte.

Bei der Kleidermotte fällt mit der Verschlechterung der Ernährungsbedingungen (gemessen durch den Grad der Beschmutzung der als Nahrung dienenden Stoffe) der Gesamtnahrungsverbrauch. Es wird also weniger gefressen und damit steigt andererseits die zur Erzeugung von 1 mg Eisubstanz verbrauchte Nahrungsmenge. Das gleiche gilt auch für unseren Käfer insofern, als die Rotkleetiere weniger gefressen haben als die Bohnentiere. Die geringere Nahrungsqualität wird also nicht nur durch vermehrte Nahrungsaufnahme nicht ausgeglichen, sondern bewirkt im Gegenteil eine geringere Nahrungszufuhr. Am einfachsten wird das erklärt, wenn wir annehmen, daß, wie es für die Blattnahrung des Graurüßlers auch wahrscheinlich ist, die verschiedene Geschmacksgüte den unterschiedlichen Nahrungsverbrauch bedingt. Was den Tieren besser mundet, davon fressen sie eben mehr. Damit würde auch bei der Kleidermotte nicht, oder wenigstens nur zum geringen Teil die Qualität der Nahrung als solche die Größe der Eierzeugung bestimmen, sondern die Nahrungsmenge, die nur von ersterer (Geschmacksgüte) bestimmt wird. Für *Sitona lineata* haben wir das oben schon als sehr wahrscheinlich angenommen.

Einen Vergleichsmaßstab für die Leistung des linierten Graurüßlers in der Eierzeugung bekommen wir, wenn wir das Gesamtgewicht der Eier

Tabelle 6.

Gewicht der Weibchen (am 3. und 4. V. 1930) und zugehörige Eizahl.

4,5—5,6 mg			5,7—7,0 mg		
Nr.	Gewicht in mg	Eizahl	Nr.	Gewicht in mg	Eizahl
V	5,4	1914	I	6,0	1461
XI	5,0	1426	VII	5,8	666
XIV	5,1	2253	XVII	7,0	1000
XV	4,6	1100	XVIII	5,7	1732
XVI	5,3	628	XXIX	6,4	981
XXI	4,4	2182			
XXII	5,0	988			
XXVIII	4,7	2173			
Mittel	4,7	1583	Mittel	6,2	1168
Eigewicht = **515** % des Körpergewichts			Eigewicht = **289** % des Körpergewichts		

auf das des Körpers der Weibchen beziehen und dieses Zahlenverhältnis dem anderer Insekten gegenüberstellen. Nehmen wir als Mittel der Eierzeugung sämtlicher 4 Beobachtungsjahre 1200 Stück, so sind das 322% des mittleren Körpergewichts der Weibchen. Diese Zahl steigt aber bei einzelnen Tieren bis über das Doppelte. So beträgt sie beim Weibchen XIV (1930), dessen Körpergewicht 5,1 mg und dessen Eizahl 2253 war, 696% und beim Weibchen XXI (1930) mit 4,2 mg und der Eizahl 2182 sogar 795%. Dabei sind nicht, wie man vermuten könnte, die schwereren Weibchen leistungsfähiger. Nach der Zusammenstellung und den Berechnungen in Tabelle 6, die auf den Beobachtungen des Jahres 1930 fußen, sind gerade umgekehrt die durchschnittliche Eizahl und dann erst recht die Legeleistung, bezogen auf das mittlere Körpergewicht, bei der Gruppe der leichteren Weibchen (im Mittel 4,7 mg) deutlich größer als bei den schwereren (im Mittel 6,2 mg). Zu berücksichtigen ist allerdings, daß für die Berechnungen in beiden Gruppen das durchschnittliche Eigewicht als gleich groß, mit 0,0153 mg, angenommen wurde. Selbst wenn aber die größeren und schwereren Tiere auch schwerere Eier legen sollten, würden sich die Leistungszahlen kaum umkehren, so daß auch bei ganz vorsichtiger Beurteilung sich daraus schließen läßt, daß die Leistungsgröße in der Fortpflanzung nicht von der Größe und dem Gewicht der Weibchen abhängt.

Vergleichen wir diese Verhältniszahl mit der anderer Insekten, so finden wir, selbst wenn wir nur die mittlere Verhältniszahl, 322% heranziehen, daß die Leistung des linierten Graurüßlers sehr beachtlich ist. Nach Titschacks Untersuchungen (1924) ergibt sich aus seinen 5 Versuchstieren für die Stabheuschrecke im Mittel 141%. Für die Heuschrecke berechnet der gleiche Verfasser 75% (150 Nachkommen), für

den Maikäfer bei 36—70 Nachkommen 32—64%, für den Seidenspinner mit 350—500 Nachkommen 22—30%. Beim Gelbrandkäfer beträgt nach Blunks Untersuchungen (1924) die Eizahl in einem Frühjahr 1000, das ist 100% des Körpergewichts. Ein günstigeres Verhältnis weisen Flußkrebs mit 150% und Kreuzspinne mit 200% auf. Die Bienenkönigin legt sogar täglich 200% ihres Körpergewichts an Eiern; es hängt das mit der Staatenbildung und der dadurch bedingten Arbeitsteilung zusammen und ist nur durch die aufs äußerste getriebene rationelle Fütterung des eierzeugenden Tieres möglich.

Diese Verhältniszahl sagt natürlich nichts über die Leistung der betreffenden Tierart für die Fortpflanzung als solche aus. Gelbrand und linierter Graurüßler erzeugen durchschnittlich gleich viel Eier (1000 und 1200), leisten demnach in der Sorge um die Nachkommenschaft zahlenmäßig beinahe das gleiche, trotzdem ist, auf das Körpergewicht bezogen, die Leistung des Graurüßlerweibchens 3 mal so groß wie die des Gelbrandweibchens. Das dürfte einerseits mit der Körpergröße und andererseits mit der Dauer der Fortpflanzungszeit zusammenhängen. Je größer ein Tier ist, um so kleiner sind im Verhältnis die Eier und je länger die Fortpflanzungszeit dauert, um so größer können relativ die Eier werden, da in der Zeiteinheit weniger Eier erzeugt werden müssen.

Die Eizahl einer Art hängt dann, wie das Blunck für den Gelbrand und Andersen für den linierten Graurüßler nachgewiesen haben, mit der Vernichtungsgröße der Jugendstufen zusammen. Die Gelbrandeier und Larven sind von mannigfachen Feinden bedroht, die Larven des linierten Graurüßlers gehen größtenteils auf der Suche nach ihrer Nahrungsquelle zugrunde.

Interessant ist ein Vergleich der Größe der Eigelege durch Aneinanderfügen sämtlicher von einem Weibchen erzeugten Eier zu einer Kette. Für *Dytiscus marginalis* ergäbe das eine Schnur von 0,7 m Länge, für *Sitona lineata* nur von 0,42 m.

Die Abhängigkeit der Lebensdauer der Sitona lineata-Käfer von Temperatur, Nahrung und Eiablage.

Der Lebenszeit der Imagines des linierten Graurüßlers läßt sich in 3 ungleich lange Abschnitte zerlegen. 1. Vorreifezeit (Praeovipositionsperiode), vom Erscheinen der Käfer im Sommer und Herbst bis zum Frühjahr nächsten Jahres (etwa 8 Monate). 2. Fortpflanzungszeit (Ovipositionsperiode), die Zeit der Eiablage (2—3 Monate, in Gefangenschaft länger). 3. Greisenalter (Postovipositionsperiode), vom Ende der Eiablage bis zum Tod.

Abgesehen von den individuellen Schwankungen der Dauer der einzelnen Lebensabschnitte, die sich relativ am stärksten in der Länge der Eiablagespanne und des Greisenalters geltend machen, sind vor allem eine Reihe äußerer und innerer Faktoren für die Dauer maßgebend.

Die Länge der Vorreifezeit richtet sich für die einzelnen Tiere vor allem nach dem Zeitpunkt des Schlüpfens. Stammen sie aus früh abgelegten Eiern, dann schlüpfen sie früher als solche aus den letzten Eiern. Die Lebensdauer der Imagines vor dem Winter hat aber offenbar keinen wesentlichen Einfluß auf den Beginn der Fortpflanzungszeit. Es erweisen sich nämlich alle im Frühjahr eingefangenen Tiere gleich weit entwickelt, auch haben sie immer fast gleichzeitig mit der Eiablage begonnen. Die Länge der Vorreifezeit hängt vielmehr für alle Tiere in gleicher Weise vom Witterungsverlauf der Vorfrühlingsmonate ab. Kühle und naßkalte Witterung schiebt den Beginn der Eiablage hinaus und verlängert damit die Praeovipositionsperiode.

Die Dauer der Fortpflanzungszeit, hier der Eiablage, ist, abgesehen von den schon erwähnten individuellen Schwankungen, besonders von der Temperatur abhängig. Je höher diese gleich zu Beginn der Eiablage ist, um so rascher wird diese beendet. Von den 6 Weibchen, die 1930 im Feien beobachtet wurden, legten 5 (1 ging verloren) im Mittel bis 25. VI., die im Zimmer (s. Tab. 10) aber bis 4. VIII. Im Freien ging die Temperatur den ganzen Juni hindurch während der Mittagszeit auf 29—30°, mehrmals sogar bis 32°, so daß trotz der kühlen Nächte das Monatsmittel 22° betrug, während es im Zimmer 23,2° war, obwohl die Wärme nie so hoch stieg wie im Freien. Trotzdem also das Monatsmittel im Zimmer um 1° höher lag als im Freien, legten die Käfer doch länger (durchschnittlich bis 4. VIII.). Die zeitweise sehr hohen Temperaturen verkürzten die Eiablage und, wie wir sehen werden, die Lebensdauer der Tiere im Freien.

Ebenso verringert länger dauernde kühle Temperatur zu Beginn der Legeepoche die Eiablagedauer. Im Jahre 1930 wurden 5 gut legende Pärchen am 29. V. in den Keller gebracht, wo eine ziemlich gleichmäßige Temperatur von 16—17° herrschte. Die Eierzeugung ging rasch zurück, so daß von Mitte Juni ab nur 1 bis 2 Tiere noch spärlich legten. Im Mittel beendeten alle Kellertiere die Eiablage am 8. VII., also 1 Monat früher als die im Arbeitsraum, welche durchschnittlich bis 4. VIII. legten.

Desgleichen kürzt Nahrungsmangel die Eiablage ab. In den S. 99 beschriebenen Hungerversuchen, bei denen die Tiere jeden 3. Tag Bohnenblätter als Nahrung erhielten, legten die Weibchen durchschnittlich nur bis 21. VI., die täglich gefütterten aber bis 26. VIII. Auch weniger gern genommenes Futter, wie Rotklee, von dem die Tiere weniger fressen, verkürzt die Eiablage. Doch legten hier die Weibchen durchschnittlich bis 8. VII., wie ja auch die Eimenge der Rotkleetiere (401 Stck.) zwischen jener der Hungertiere (57 Stck.) und jener der Bohnentiere (1570 Stck.) steht.

Vergleichen wir die Zeitpunkte, in denen die Tiere mit der Eiablage aufhören und an denen sie absterben, der Hungertiere in Tab. 3 mit jenen

Tabelle 7.

Eizahl und Lebensdaten der *Sitona lineata*-Imagines 1928.

Pärchen Nr.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Mittel
♀ legt die letzten Eier am . .	—[1])	6. 6.	—	—	10. 7.	3. 7.	29. 7.	—	—	1. 6.	—	—
♀ starb am . .	—	15. 6.	—	—	10. 7.	—	—	—	—	1. 6.	—	—
♂ starb am . .	—	—	12. 7.	—	—	24. 7.	—	—	6. 7.	5. 7.	—	—
Eizahl	1947	—	2403	324	975	362	341	873	806	—	1424	**1050**

[1]) Versuch mußte 1. 8. abgebrochen werden. — bedeutet: lebte noch oder legte noch Eier am 1. 8.

Tabelle 8.

Eizahl und Lebensdaten der *Sitona lineata*-Imagines 1929.

Pärchen Nr.	I	II	III	IV	VII	XVII	XVIII	XIX	XXI	Mittel
♀ legt die letzten Eier am	13. 8.	19. 8.	22. 7.	9. 6.	3. 8.	17. 8.	31. 8.	19. 6.[1])	7. 8.	**1. 8.**
♀ starb am	12. 9.	26. 11.	28. 11.	13. 6.	19. 8.	29. 10.	30. 10.	6. 11.	14. 9.	**4. 10.**
Dauer des Greisenalters in Tagen	30	99	129	4	6	43	60	140	38	**64**
♂ starb am	7. 10.	6. 6.	29. 9.	—	—	7. 7.	12. 6.	—	—	**31. 7.**
Eizahl	867	1765	182	197	489	491	443	58	554	**600**

[1]) Legt noch am 22. 8. 1 Ei.

Tabelle 9.

Eizahl und Lebensdaten der *Sitona lineata*-Imagines im Keller 1929.

Pärchen Nr.	X	XI	XIV	XV	XVI	Mittel
♀ legt die letzten Eier am	30. 7.	21. 8.	19. 6.	17. 6.	11. 6.[1])	**8. 7.**
♀ starb am	24. 9.	29. 9.	6. 9.	26. 7.	11. 9.	**7. 9.**
Dauer des Greisenalters in Tagen .	56	39	79	39	92	**61**
Eizahl	279	311	46	145	59	**168**

[1]) Legt noch am 7. 8. 5 Eier.

der Rotkleetiere in Tab. 5 und der Bohnentiere in Tab. 12, so ergibt sich eine deutliche Zunahme des Greisenalters von den Bohnentieren mit 29 Tagen, über die Rotkleetiere mit 42 Tagen, zu den Hungertieren mit 73 Tagen. Das Greisenalter scheint um so kürzer zu sein, je besser die Tiere ernährt werden. Die eigentliche Ursache dafür dürfte jedoch in der Stärke der Legetätigkeit der Weibchen zu suchen sein. Je weniger Eier ein Weibchen erzeugt, um so länger ist im allgemeinen das Greisenalter, weil einerseits die Legezeit abgekürzt und andererseits

Tabelle 10.

Eizahl und Lebensdaten der *Sitona lineata*-Imagines 1930.

...en Nr.	I	V	VII	XI	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XXI	XXII	XVIII	XXIX	Mittel
...letzten ...am . .	10. 7.	15. 8.	7. 8.	7. 8.	3. 8.	23. 7.	9. 7.	21. 8.	16. 8	11. 8.	20. 7.	l. n.	8. 8.	**4. 8.**
...am . ...les ...nalters ...gen. .	26. 7.	l. n.[1])	l. n.	l. n.	l. n.	23. 7.	10. 7.	l. n.	l. n.	l. n.	27. 7.	l. n.	l. n.	9 leben noch am 29. 8., die anderen 4 sind durchschnittlich am **22. 7.** tot.
	16	—	—	—	—	0	1	—	—	—	7	—	—	
...am .	22. 7.	l. n.	l. n	4. 8.	—	—	24. 5.	17. 5.	—	—	14. 5.	—	17. 5.	**19. 6.** (5 sind nicht vermerkt)
. . .	1461	1914	666	1426	2253	1100	628	1000	1732	2182	988	2173	981	**1400**
...t (An- ...i) mg:														
. .	6	5,4	5,8	5,0	5,1	4,6	5,3	7,0	5,7	4,4	5	4,7	6,4	—
. . .	4,2	4,2	4,3	4,7	4,3	4,0	3,4	4,2	4,1	4,2	5	4.1	5,3	—

[1]) l. n. = leben noch am 29. 8. wo Versuch abgebrochen wurde.

Durchschnittliche Legedauer vom 12. 5. bis 4. 8. = 84 Tage.

Tabelle 11.

...iablage und Lebensdaten der *Sitona lineata*-Imagines im Freien 1930.

Pärchen Nr.	II	IV	VI	X	XII	Mittel
♀ legt die letzten Eier am	30. 7.	29. 6.	9. 6.	30. 5.	14. 6.	**25. 6.**
♀ starb am	31. 7.	29. 6.	9. 6.	31. 5.	21. 6.	**28. 6.**
...Dauer des Greisenalters in Tagen .	1	0	0	1	7	**2**
...Eizahl	1378	1294	978	148	674	**894**

Durchschnittliche Legedauer vom 12. 5. bis 23. 6. = 42 Tage.

Tabelle 12.

Eiablage und Lebensdauer der *Sitona lineata*-Imagines 1931.

...Pärchen Nr.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Mittel
♀ legt die ...letzten Eier ...am . . .	7. 9.	27. 8.	1. 8.	26 7.	20. 7.	1. 8.	14. 6.	11. 6.	17. 8.	13 8.	7. 7.	**28. 6.**
♀ starb am .	1. 10.	27. 10.	1. 8.	6. 8.	20. 7.	1. 8.	14. 6	11. 6.	20. 11.	1. 12.	20. 7.	**26. 8.**
...Dauer des ...Greisenalters ...in Tagen. .	24	61	0	11	0	0	0	0	86	110	13	**29**
♂ starb am .	1. 10.	26. 7.	5. 6.	5 7.	—	18. 6.	22. 5.	11. 6.	5. 7.	28. 5.	29. 5.	**26. 6.**
...Eizahl . . .	2003	1848	2403	1657	1510	2125	801	522	1369	510	592	**1570** (ohne VII und VIII)

die Lebensdauer verlängert wird. Die Weibchen der viel Eier legenden Bohnentiere starben am 26. VIII., die nur wenig fruchtbaren Hungertiere erst am 2. IX. Es dürfte durch die geringere Ernährung eher zunächst die Legetätigkeit herabgesetzt und durch diese Leistungsminderung der Fortpflanzungsorgane das Leben verlängert werden, als daß die knappe Nahrung unmittelbar lebensverlängerd gewirkt hätte.

Das muß sich auch aus dem Vergleich der Lebensdauer der einzelnen Weibchen einer Versuchsreihe entscheiden lassen. Nur ist dabei die einzelwesliche Verschiedenheit zu berücksichtigen.

Unter den Bohnentieren von 1931 in Tabelle 12 bilden die Weibchen I, II, III, IV und V hinsichtlich Legetüchtigkeit mit über 1600 Eiern eine Spitzengruppe. Sie leben durchschnittlich bis 1. IX. Ihnen stehen die Weibchen IX, X und XI gegenüber mit viel geringeren Eizahlen, trotzdem sie lange legen. Dafür leben sie mit Ausnahme von XI bedeutend länger bis 20. IX. bezw. 1. XII. Weibchen VII und VIII müssen hier, ebenso wie V, ausscheiden, da sie aus irgendwelchen Gründen (Krankheit?) keines natürlichen Alterstodes starben.

Ähnlich ist es in der Hungergruppe (Tab. 3), in der die Weibchen IV, V, VI und VII die geringste Eizahl aufweisen, aber am längsten leben (22. X.), während die beiden mit den besten Legeleistungen VIII und IX 16 Tage früher am 6. X. eingingen. Daß hier der Unterschied der Lebensdauer zwischen guten und schlechten Legern nicht so groß ist wie in der Bohnengruppe, liegt daran, daß die Leistungen in der Eierzeugung nicht so verschieden sind. Wir sehen darin einen weiteren Beweis für die Annahme, daß durch ungenügende Ernährung in erster Linie die Legetätigkeit herabgesetzt wird. Wenn diese bei allen Tieren bis nahezu 0 sinkt, dann wird damit ein Faktor der Lebensdauer, der bei den einzelnen Weibchen verschieden groß war, fast ganz ausgeschaltet. Dadurch muß die Lebensdauer bei allen annähernd gleich lang werden.

Das ist auch der Grund, warum die Weibchen der Rotkleetiere (Tab. 5) ziemlich gleich langlebig sind. Doch macht sich hier noch die größere Eierzeugung lebensverkürzend bemerkbar.

So starben die Weibchen VI und VII mit den höchsten Eizahlen am 10. und 21. VIII. und die anderen (ohne II und X), die höchstens halb soviel legten, durchschnittlich am 3. IX. Das Greisenalter dauerte bei diesen 58 Tage, bei VI und VII 23 Tage.

Daß bei geringer Eierzeugung die Weibchen länger leben als bei großer, zeigen auch die Versuche von 1929. (Tab. 9.)

Während die besten Leger, I und II bis 20. X. lebten, starben die schlechtesten, III und XIX erst am 13. XI. Das Greisenalter betrug 64, bezw. 135 Tage.

1929 wurde im allgemeinen die Eierzeugung durch die Temperaturverhältnisse erniedrigt (s. S. 88) und dadurch die Lebensdauer aller Weibchen bis 4. X. verlängert, während sie 1931 unter sonst gleichen Bedingungen nur bis 26. VIII. reichte. Daß daran aber nicht nur die geringere Fortpflanzungstätigkeit, sondern auch die niedrigere Temperatur (Mai bis August: 1929 = 19°, 1931 = 21°) unmittelbar schuld ist, beweist der Umstand, daß auch die Männchen im Jahre 1929 um 35 Tage länger lebten als 1931.

Es hat also die Temperatur auch unmittelbar einen Einfluß, nicht bloß über die Größe der Eierzeugung auf die Lebensdauer. Niedrige Wärmegrade verlängern das Leben gegenüber höheren.

Daß die Lebensdauer bei gleichbleibend 26° und darüber nur sehr kurz ist und nach Tagen zählt, ebenso, daß vorübergehend hohe Temperaturen das Leben verkürzen, wurde schon im Abschnitt über die Eierzeugung erwähnt und sei hier der Vollständigkeit halber nochmals angeführt.

Die Lebensdauer der Männchen ist unter allen Umständen kürzer als die der Weibchen. Bei den vollernährten Bohnentieren lebten die Weibchen 1931 61 Tage, 1929 65 Tage und bei den Rotkleetieren von 1931 sogar 69 Tage länger als die Männchen. Am größten ist der Unterschied bei den Hungertieren. Hier starben die Weibchen am 2. IX., die Männchen schon am 4. VI. Auch bei unzureichender Ernährung gehen die Männchen verhältnismäßig rascher ein als die Weibchen. Sie sterben zwar nicht unmittelbar nach dem ersten Begattungstage, aber doch zu einem Zeitpunkt, wo in der freien Natur alle Weibchen befruchtet sein dürften. Daß sie Nahrungsmangel weniger gut ertragen können als die Weibchen, dürfte damit zusammenhängen, daß die Männchen im Frühjahr fast keine Reservestoffe im Fettkörper mehr besitzen, während die Weibchen, abgesehen davon, daß sie zu Beginn der Eiablage wenigstens einen kleinen Fettkörper noch aufweisen, im Hungerzustand wahrscheinlich auch die Geschlechtsorgane teilweise abbauen.

Neben der Temperatur bestimmen Menge und Art der Nahrung als äußere Faktoren die Lebensdauer des Graurüßlers. Die Eierzeugung zählt einerseits zu den inneren Faktoren, weil größere oder geringere Legetüchtigkeit jedem Weibchen angeboren ist, andererseits kann sie auch zu den Umwelteinflüssen gerechnet werden, insofern die tatsächliche Größe der Eiablage von äußeren Bedingungen, wie Temperatur und Nahrung, weitgehend abhängig ist und so, als von der Umwelt abhängiger Faktor, seinerseits auf die Lebensdauer einwirkt.

Die Verkürzung der Lebensdauer durch höhere Temperaturen ist bei *Sitona lineata* L., sofern es sich nicht um überoptimale Wärmegrade (über 26°) handelt, allerdings nicht so stark und deutlich wie beispielsweise bei der Kleidermotte (Titschack 1926) oder der Kieferneule (Zwölfer 1931). Bei diesen hängt die imaginale Lebensdauer in hohem Grade von der Temperatur ab. Das kommt daher, daß die Tiere als Schmetterlinge keine Nahrung mehr zu sich nehmen und dem erhöhten Stoffverbrauch bei höheren Wärmegraden keine vermehrte Nahrungsaufnahme gegenübersteht.

Was den Einfluß der Ernährung auf die imaginale Lebensdauer anderer Insekten betrifft, so fand Titschack (1930), daß die Bettwanze um so kürzer lebt, je schlechter die Ernährungsbedingungen der Larven gewesen sind, wobei die Weibchen rascher sterben als die Männchen, während bei

guter Ernährung die Weibchen rund 2 Monate länger leben. Ebenso geht die Eiablage entsprechend zurück. Die Bettwanze verhält sich demnach verschieden vom Graurüßler, bei dem mit zunehmendem Nahrungsmangel die Eiablage eingeschränkt und das Leben der Weibchen verlängert, das der Männchen aber verkürzt wird. Erst, wenn die Nahrungsmenge so gering wird, daß sie den Weibchen nicht einmal mehr für die Bestreitung des zur Erhaltung des Lebens notwendigen Stoffwechsels ausreicht, tritt rasch der Tod ein. Auch bei der Kleidermotte leben schwerere Schmetterlinge, Männchen sowohl wie Weibchen, die also aus besser ernährten Raupen stammen, länger als leichtere.

Den Zusammenhang zwischen Eimenge und Lebensdauer hat Zacher (1930) beim Brasilbohnenkäfer ermittelt. Er fand, daß die stärkste Eiablage und die häufigste Lebensdauer (9—14 Tage) zusammenfallen. Es läßt sich aus seiner Zusammenstellung bis zu einem gewissen Grade auch ein Einfluß der Größe des Eigeleges auf die Lebensdauer, wie wir es für *Sitona lineata* L. gefunden haben, feststellen. Die Tiere mit ganz geringen Eimengen weisen nach seinen Zahlen im allgemeinen die meisten Lebenstage auf. Lassen wir die Weibchen, die keine Eier ablegten und nach Zachers Meinung unbefruchtet waren, außer Betracht, so kommen wir zu folgenden Durchschnittswerten.

Lebensdauer:	3	4	7	9	10	11	13	14	16	20	22	25	28	29 Tage
Eizahl:	1	21	30	29	35	53	41	15	4	13	2	2,5	26	4

Es stören also nur 2 Weibchen mit 3 Tagen und mit 28 Tagen Lebensdauer das Bild.

Daß die Umweltbedingungen auf Fortpflanzungstätigkeit und Lebensdauer bei den einzelnen Insektenarten nicht bloß dem Grade, sondern häufig der Richtung nach so verschieden wirken, hängt mit der unterschiedlichen Lebenslage, den biologischen Eigenheiten zusammen. Je mehr Einzelfälle aber genau untersucht werden, um so mehr werden wir auch hier gesetzmäßige Zusammenhänge und Übereinstimmungen aufdecken können. Vorliegende Arbeit soll, außer einem Beitrag zur Kenntnis der Biologie von *Sitona lineata*, ein Baustein dazu sein.

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.

Untersucht wurden bei *Sitona lineata* L., einem Insekt mit postmetaboler Eientwicklung und langer, ununterbrochener Legedauer, der Einfluß von Temperatur und Ernährung auf die Eierzeugung und imaginale Lebensdauer.

Eierzeugung: Eibildung und -ablage fallen zeitlich zusammen. Sie sind abhängig von

1. Temperatur: Je höher und gleichmäßiger diese ist, um so mehr Eier werden insgesamt abgelegt. Am günstigsten ist während der Haupt-

eiablage (Juni und Juli) 21°—24°. Niedrige Wärmegrade zu Beginn der Fortpflanzungszeit hemmen die Eiablage und beeinträchtigen das Gesamtergebnis. Je später größere Wärme einsetzt, desto wirkungsloser ist sie. Die Eierzeugung läßt sich also zeitlich nur wenig verschieben („Entwicklungszeitfaktor"). Sie hört bei Temperaturen unter 11° und über 26° in einigen Tagen auf. Im Frühjahr beginnt sie, wenn das Tagesmittel etwa 12° beträgt und die Wärme tagsüber auf über 13° steigt. Hohe Temperaturen (30°—32°) werden vertragen, wenn das Tagesmittel unter 25° bleibt, doch leiden die Gesamtfruchtbarkeit, Legedauer und die Lebenszeit. Eine Temperaturänderung wirkt sich bereits innerhalb 24 Stunden aus. Die täglichen Schwankungen beruhen darauf, daß die Eiablage rascher erfolgt und durch Temperaturzunahme mehr gefördert wird als die Eibildung. Durchschnittliche Tageshöchstleistung war 49, absolute 85 Eier (Höchstzahl der Eifächer 80).

2. Ernährung: Mangelhafte (geringe Menge) und schlechte (Futter 2. und 3. Wahl) Ernährung setzen sofort die Tagesleistung und die Gesamteimenge beträchtlich herunter und gestalten die Eierzeugung ungünstiger (unrentabler).

Lebensdauer: Die Länge der Vorreifezeit ist abhängig vom Zeitpunkt des Schlüpfens und dem Witterungsverlauf der Frühjahrsmonate. Hohe (überoptimale) und niedrige (unter 16°) Temperaturen und mangelhafte Ernährung verkürzen die Fortpflanzungszeit der Weibchen. Der Alterstod ist keine unmittelbare Folge der beendeten Geschlechtstätigkeit. Niedrige Wärmegrade verlängern, höhere verkürzen das Leben, wobei bei größeren Temperaturschwankungen die vorübergehend hohen Wärmegrade von größerer Bedeutung sind als die Höhe des Temperaturmittels Mangelhafte Ernährung kürzt das Leben der Männchen merklich; das der Weibchen wird dadurch zunächst verlängert (Herabsetzung der Eierzeugung!), bei stärkerem Hungern aber rasch beendet.

Literatur.

1. Andersen, K. Th., Der linierte Graurüßler oder Blattrandkäfer, *Sitona lineata* L. Monogr. z. Pflanzenschutz. Berlin (1931).
2. — — Reizphysiologisches Verhalten und Biologie der *Sitona lineata*-Larve. Zeitschr. vergl. Physiologie 15, 749—783 (1931).
3. Bachmetjew, P., Experimentelle entomologische Studien, 1, 2. Leipzig (1901, 1907).
4. Bremer, H., Grundsätzliches über den Massenwechsel von Insekten. Zeitschr. f. angew. Entom. 14, 254—272 (1928).
5. Blunck, H., Lebensdauer, Fortpflanzungsvermögen und Alterserscheinungen beim Gelbrand. Zool. Anz. 58 (1924).
6. — — Der Massenwechsel der Insekten und seine Ursachen. 4. Wanderversammlung Deutscher Entomologen in Kiel, 19—41 (1930).
7. Chapman, R. N., Animal Ecology. Minneapolis 1927.
8. Demoll, R., und Strohl, J., Temperatur, Entwicklung und Lebensdauer. Biol. Zentralbl. 39, 177—202 (1904).

9. Eidmann, H., Morphologische und physiologische Untersuchungen am weiblichen Genitalapparat der Lepidopteren. Zeitschr. f. angew. Entom. 15, 1—66 (1929).
10. Janisch, E., Das Exponentialgesetz als Grundlage einer vergleichenden Biologie. Berlin (1927).
11. Lengerken, H. v., Beeinflussung des Lebenszyklus von *Tenebrio molitor* L. durch äußere Faktoren. Verh. Deutsche Zool.-Ges. 1925, 132—135.
12. — — Coleoptera IV in Biologie der Tiere Deutschlands. Berlin (1927).
13. Korschelt, E., Lebensdauer, Altern und Tod, 2. Aufl. Jena (1927).
14. Pütter, A., Der Hungertod. Die Naturwissenschaften 9, 31—35 (1921).
15. Schulze, H., Über die Fruchtbarkeit der *Trichogramma evanescens* Westw. Zeitschr. f. Morphol. u. Ökol. d. Tiere 6, 553 (1926).
16. Titschack, E., Untersuchungen über das Wachstum, den Nahrungsverbrauch und die Eierzeugung. III. *Cimex lectularia* L. Zeitschr. f. Morph. u. Ökol. d. Tiere 17, 471—551 (1930).
17. — — Über die imaginale Lebensdauer der Kleidermotte, *Tineola biselliella* Hum. Verh. Naturhistor. Verein der preuß. Rheinlande u. Westfalens 82, 330—384, Bonn (1926).
18. — — Beiträge zu einer Monographie der Kleidermotte, *Tineola biselliella* Hum. Zeitschr. techn. Biol. 10, 1—168 (1922).
19. — — Untersuchungen über das Wachstum, den Nahrungsverbrauch und die Eierzeugung. II. *Tineola biselliella* Hum. Gleichzeitig ein Beitrag zur Klärung der Insektenhäutung. Zeitschr. wiss. Zool. 128, 509—569 (1926).
20. Voelkel, H., Zur Biologie und Bekämpfung des Khaprakäfers, *Trogoderma granarium* Everts. Arb. a. d. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstwirtsch. 13, 129 (1924).
21. Wardle, R. A., The problems of applied Entomology. Manchester 1929.
22. Weidling, K., Die Beeinflussung von Eiröhrenzahl und -größe einiger Dipteren durch Hunger im Larvalstadium mit einigen Beobachtungen über die Chaetotaxis der Hungertiere und über den Einfluß verschiedener physikalischer und chemischer Einwirkungen auf den Entwicklungsgang dieser Tiere *(Calliphora erythrocephala, Stegomyia fasciata* und *Anopheles maculipennis)*. Zeitschr. f. angew. Entom. 14, 69—85 (1929).
23. Weismann, A., Über die Dauer des Lebens. Jena 1882.
24. Zacher, F., Untersuchungen zur Morphologie und Biologie der Samenkäfer *(Bruchidae-Lariedae)*. Arb. a. d. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstwirtsch. 18, 235—384 (1930).
25. Zwölfer, W., Studien zur Ökologie und Epidemiologie der Insekten. 1. Die Kieferneule, *Panolis flammea* Schiff. Zeitschr. f. angew. Entom. 17, 475—682 (1931).

Bemerkungen zu der Arbeit von Rudolf Geiger:

„Meteorologische Beobachtungen bei der mittelfränkischen Kieferneulenbekämpfung mit Flugzeug und Motor im Frühjahr 1931."

Von

Dr. **F. Borchers.**

Die Beurteilung, die der Forstschädlingsbekämpfungsarbeit mit Motorverstäubern von seiten Geigers zuteil geworden ist, könnte, wenn sie verallgemeinert wird, die Einstellung der maßgeblichen Forstkreise in einer für den Motorverstäuber ungerechten Weise ungünstig beeinflussen. Gegenstand nachfolgender Zeilen soll der Nachweis sein, daß eine solche Verallgemeinerung nicht zulässig ist.

Das Recht, diesen Nachweis zu führen, gibt mir die Tatsache, daß ich im Verein mit meinen Mitarbeitern über eine fünfjährige Erfahrung in der Forstschädlingsbekämpfung mittels Motorverstäuber verfüge und meine Behauptungen mit den Resultaten von Untersuchungen von E. Schimitschek belegen kann, die dieser bei einer vorjährigen Motorverstäubungsaktion gemacht hat.

I.

Zunächst einige grundlegende Bemerkungen allgemeiner Natur. Die Forstbehörden und die sie beratenden akademischen Institute scheinen des öfteren bei Abgabe ihrer Urteile über Schädlingsbekämpfungsaktionen den Fehler zu machen, daß sie von gewissen Voraussetzungen ausgehen, die sich auf ihrer Meinung nach unabänderliche Fakta stützen, die aber in Wirklichkeit gar nicht so unabänderlich sind. Dies führt oft zu groben Verallgemeinerungen, die dann auch im Schrifttum ihren Niederschlag finden, vom Verfasser selbst vielleicht gar nicht in so extremer Form gemeint sind, vom Leser aber bestimmt so aufgefaßt werden.

So erweckt auch die Geigersche Arbeit den Eindruck, als ob die physikalische Beschaffenheit der Stäubemittel und die Arbeitsweise und Leistung der Motorverstäuber unveränderliche Größen seien, die es ge-

statten, von „dem“ Stäubemittel und „dem“ Motorverstäuber zu sprechen und „die Motorverstäubung“ „der Flugzeugbestäubung“ unterlegen sein zu lassen.

Diese Verallgemeinerung ist unzulässig, denn sowohl in Bezug auf die Stäubematerialien als auch im Hinblick auf die Konstruktion und Wirkungsweise der Motorverstäuber bestehen tiefgreifende Unterschiede.

Es ist also nicht so, als ob wir bei der Motorverstäubung zwei feststehende, unveränderliche Größen (Material und Verstäuber) und eine variable Größe (meteorologische Faktoren) hätten, sondern alle drei Größen sind variabel.

Diese Feststellung mußte vor Besprechung der hier interessierenden Beobachtungen und Folgerungen Geigers gemacht werden. Beweise für ihre Richtigkeit sind vielfach erbracht worden (Borchers und May 1930) und gehen auch aus der nachfolgenden Darstellung hervor.

II.

Geiger führt drei meteorologische Faktoren an, die das Ergebnis der Bestäubung beeinflussen:

1. Luftfeuchtigkeit,
2. Niederschlag,
3. Luftbewegung (Wind und Austausch).

Er untersucht diese drei Faktoren in ihrer Wirkung auf das von ihm beobachtete Stäubematerial und schon hinsichtlich der beiden ersten Faktoren läßt sich mit Leichtigkeit der Nachweis führen, daß zwischen den verschiedenen Stäubematerialien ganz erhebliche Unterschiede bestehen.

Geiger stellte fest, daß das von ihm beobachtete Material praktisch unhygroskopisch ist. Es erweist sich demnach als von der Luftfeuchtigkeit unabhängig, klebt nicht und ist unbenetzbar (hydrophob).

Nun vergleiche man hiermit die Resultate, die Schimitschek im Verein mit den Meteorologen der Hochschule für Bodenkultur in Wien bei seinen Messungen erhalten hat, und die sich auf ein anderes arsenhaltiges Stäubemittel beziehen.

Er schreibt über den Zusammenhang zwischen Luftfeuchtigkeit, Haftfähigkeit und Hygroskopizität:

„Mit dem Herannahen der Staubwolke stieg die Temperatur sogleich etwas an, an Stellen, wo die Staubwolke sehr dicht war, bis um 1° C. Dagegen sank die relative Feuchtigkeit, wie auch die absolute in der Staubwolke um einige Prozente ... Dieser geringen, sonst nicht bemerkbaren Hygroskopizität des verwendeten Kalziumpräparates kommt besonders in trockenen Lagen hohe praktische Bedeutung zu.“

Aus der Hygroskopizität des Materials geht ferner hervor, daß es bei Regen nicht an die Oberfläche der Wassertropfen gedrängt wird, sondern teilweise in diese hineingeht, ein Umstand, der für die Regenbeständigkeit

von außerordentlicher Bedeutung ist. Bei dem von Geiger beobachteten Material erstreckt sich die Einwirkung des Regens „nicht auf ein Zusammenkleben, nicht einmal auf ein Zusammenschwemmen des Bestäubungsmittels, sondern: Nur der auf die Nadel von oben fallende Regentropfen schlägt (mechanisch!) den Staub ab". Bei dem von Schimitschek beobachteten Material bewirkt ein leichter Sprühregen ein Festkleben der Teilchen, so daß hinsichtlich Haftfähigkeit nichts wünschenswerter erscheint, als ein leichter Regen nach der Bestäubung: das Material haftet nach Art eines Spritzbrühenbelags außerordentlich fest an den Nadeln.

Daß die leicht hydrophilen und hygroskopischen Eigenschaften des Stäubemittels die Trockenhaftfähigkeit nicht ungünstig beeinflussen, beweist nicht nur die oben zitierte Feststellung Schimitscheks, sondern auch eine weitere Beobachtung des gleichen Autors:

„ ... Weiters wurden Nadeln aus Abt. 25 n, die am 15. bestäubt wurde, am 20., nach dem starken Sturm des 19. Juni entnommen und erwiesen sich zu 25 bis 33% bestäubt." Schimitschek konnte dann auch seine gesamten Freilandbeobachtungen hinsichtlich Haftfähigkeit in dem Satz zusammenfassen: „Die Untersuchung der Haftfähigkeit des verwendeten Kalziumarsenpräparates ergab sehr befriedigende Resultate."

Ich halte deshalb die Verwendung eines bis zu einem gewissen Grade hydrophilen und hykroskopischen Stäubemittels auch im Hinblick auf die Trockenhaftfähigkeit für vorteilhafter. Meine Firma arbeitete zu Beginn der Spannerbekämpfung des Jahres 1929 mit einem ausgesprochen hydrophoben, völlig unhygroskopischen Stäubemittel. Bei der damals herrschenden extremen Trockenheit erwies es sich als fast unmöglich, das Material in genügender Menge auf den Nadeln zu fixieren. Erst ein neues Material, dem eine gewisse Hygroskopizität verliehen worden war, erwies sich als ausreichend haftfähig, indem die Teilchen dem geringen noch vorhandenen Feuchtigkeitsgehalt der Luft immer noch soviel Feuchtigkeit entnehmen konnten, daß sie an den völlig trockenen Nadeln hafteten, und nunmehr Erschütterungen und Windstößen standhielten.

Für die Regenbeständigkeit in Verbindung mit Windbeständigkeit ist zweifellos eine gewisse Hygroskopizität und Hydrophilie vorteilhafter, als eine ausgesprochene Unhygroskopizität und Hydrophobie. Geiger schreibt, daß nach halbstündigem Regen beim Durchgehen durch das Heidekraut das Material wie trockenster Puder von den regennassen Pflanzen in die Höhe stäubte. Das bedeutet in übertragenem Sinne, daß der bei oder nach einem Regen herrschende Wind oder gar Sturm das Material abstäubt. Das ist bei einem leicht hygroskopischen und hydrophilen Material nicht der Fall, denn es klebt durch Luftfeuchtigkeit oder leichten Regen an, und nach dem Abtrocknen backt es auf der Unterlage fest. Es ist selbstverständlich, daß sich die Hygroskopizität eines Stäubemittels nur in engen Grenzen halten darf, damit die Verstäubbarkeit des Materials in keiner Weise beeinflußt wird.

Es soll im Rahmen dieser Bemerkungen nicht näher auf diese physikalischen Einzelheiten eingegangen werden; eine im Druck befindliche Arbeit behandelt diese Fragen ausführlicher. Hier kommt es mir nur darauf an, den Nachweis geführt zu haben, daß zwischen den einzelnen Mitteln erhebliche Unterschiede bestehen, und demzufolge auch die meteorologischen Faktoren ganz verschiedene Wirkungen zeitigen.

Geiger beschäftigt sich im folgenden dann nur noch mit der Luftbewegung und meint, daß sie den für die Bestäubung heute noch einzig wichtigen Faktor darstelle. Die Begründung dieser Einschränkung erblickt er in der Einführung der Kontaktgifte, deren schlagartige Wirkung eine Berücksichtigung des Regens überflüssig erscheinen läßt. Es hat sich aber in diesem Jahre gezeigt, daß die Wirkung der Kontaktgifte durchaus nicht so schlagartig ist, wie man den ersten enthusiastischen Berichten zufolge annehmen mußte. Selbst bei guten und absolut sicher wirkenden Kontaktmitteln lebten die älteren Forleulenraupen noch einige Tage. Deshalb ist die Frage der Regenbeständigkeit nach wie vor von der größten Bedeutung; denn wenn auch die wirksamen Stoffe eines guten Kontaktstäubemittels durch den Regen keineswegs ausgelaugt werden, so können sie doch vom Raupenkörper abgespült werden. Freilich hat die Sachlage insofern eine Verschiebung erfahren, als es sich heute weniger darum handelt, eine Haft- und Regenbeständigkeit des Mittels auf den Blättern und Nadeln zu erzielen, sondern die Körperoberfläche der Schadinsekten als diejenige Unterlage betrachtet werden muß, auf der das Präparat haften und dem Regen Widerstand leisten soll. (Bezüglich Wirkungsdauer und Regeneinwirkung vgl. auch Schwerdtfeger 1930.)

III.

Über die Motorverstäubung selbst lesen wir bei Geiger folgende Sätze:

„Vom meteorologischen Standpunkt aus ist das Motorverstäubungsverfahren gegenüber der Flugzeugmethode ungenügend. Es wird weder die Möglichkeit feinster Verteilung des Stäubemittels ausgenützt, noch ist es möglich, die Bestäubungswolke dorthin zu bringen wohin man sie haben will ... Als besonders nachteilig muß der Umstand angegeben werden, daß man vom Platz des Verstäubers aus die Wirkung nicht beurteilen kann."

Hier kann jeder Satz durch die Erfahrung widerlegt werden. Zunächst muß darauf hingewiesen werden, daß das von Geiger beobachtete Verstäubermodell mit keinerlei genügenden Hilfsmitteln für die Regulierung der Bestäubung ausgerüstet ist.[1])

Geiger selbst schreibt: „In allen diesen Fällen wird die Verstäubung eine örtlich ungleichmäßige, weil das Gebläse in gleichem Tempo weiter-

[1]) Bei seiner Auswahl hatte wohl einzig der Umstand Ausschlag gegeben, daß das Modell „selbstfahrend" war.

läuft. Das zwar technisch mögliche Auskuppeln des Gebläses bei laufendem Motor ist zu umständlich, als daß es auch bei kürzeren Hemmungen dieser Art benutzt werden könnte." Diese Bemerkung kann sich nur gegen das verwendete Modell, nicht aber gegen den Motorverstäuber als solchen richten. Nach Kenntnis dieses technischen Mangels des verwendeten Verstäubermodells versteht man allerdings die Behauptung Geigers, daß es nicht möglich war, „die Bestäubungswolke dorthin zu bringen, wohin man sie haben will". Wenn man nicht in jedem Augenblick den Gebläsedruck regulieren kann, dann wird man allerdings nur in den seltensten Fällen die Wolke so lagern können, daß sie sich im Kronenraum ausbreitet und ohne nennenswerte Verluste sich dort genügend lange schwebend hält, um eine ordnungsgemäße Einstäubung zu ermöglichen.

Die „Klappe am Auspuff" des von Geiger beobachteten Motorverstäubers, welche es ermöglichen soll, die Kraft zu regulieren, mit der die Bestäubungswolke den Kronenraum erreicht, scheint offenbar nicht geeignet zu sein, die direkte und augenblickliche Regulierfähigkeit des Gebläsedruckes zu ersetzen. Denn andernfalls könnte Geiger doch nicht schreiben, „daß es praktisch nur erreichbar war, daß das Stäubemittel entweder unter den Kronen sich ausbreitet oder über die Kronen hinausschießend sich jeder Kontrolle entzieht". Schimitschek dagegen schreibt auf Grund seiner Beobachtungen: „Für eine gute Bestäubung der Kiefernkronen ist ein bestimmter Austausch der Luftmassen in horizontaler und vertikaler Richtung von Bedeutung ... Wir erzielten die besten Wolkenlagerungen, wenn die Steighöhe der Wolke so gelagert wurde, daß sie die Bestandeshöhe nicht überschritt."

Aus dieser Beobachtung geht also einwandfrei hervor, daß man sehr wohl in der Lage ist — geeigneter Verstäuber und geeignetes Material immer vorausgesetzt! — die Wolke tatsächlich dahin zu bringen, wohin man sie haben will.

Es liegt mir völlig fern, das, was Geiger über die Sperrschicht im Kronenraum usw. sagt, irgendwie anzuzweifeln; es kommt mir lediglich darauf an, zu zeigen, daß man mit einem brauchbaren Verstäuber und einem für Motorverstäubung geeigneten Material bei nur einigermaßen günstigen Witterungverhältnissen diese Schwierigkeiten überwinden und die Wolke im Kronenraum zur Entwicklung bringen kann. Allerdings ist hier noch ein sehr wichtiger Umstand zu berücksichtigen: es gehört auch Übung dazu.

Niemand wird daran denken, ein Streuflugzeug einem ungeübten Piloten anzuvertrauen, und jeder, der Flugzeugaktionen in größerem Umfange beobachtet hat, weiß, in welch hohem Maße der Erfolg von der Tüchtigkeit, Geschicklichkeit und Gewissenhaftigkeit der Streupiloten abhängt. Der Motorverstäuber aber wird irgend einem Monteur in die Hand gedrückt, der wohl mit Maschinen umgehen kann, aber in der Stäubetechnik keine oder ungenügende Erfahrungen hat, und der bei den Selbstfahrern auf

Fahrt und Bestäubung gleichzeitig aufpassen soll.[1]) Der Stäubemonteur darf mit der eigentlichen Fortbewegung des Apparates nichts zu tun haben; er hat nur die Regulierorgane zu bedienen (Materialmenge, Gebläsedruck, Richtung des Staubstrahls). Der Leiter, der abseits steht, hat ihn in seinen Beobachtungen zu unterstützen.

Es ist ganz selbstverständlich, daß bei jeder ordnungsgemäß durchgeführten Bestäubung der Leiter der Aktion die Stäubewolken in genügendem Abstand beobachtet, um dem Stäubemonteur erforderlichenfalls vorher vereinbarte Zeichen zu geben. Ferner weiß ich aber aus Erfahrung — und jeder, der nur einmal einer ordnungsgemäßen Bestäubung beigewohnt hat, kann meine Beobachtungen bestätigen —, daß ein geübter Stäubemonteur sehr wohl in der Lage ist, die Stäubewolke genau zu beobachten und entsprechend zu regulieren (vorausgesetzt, daß der Verstäuber das zuläßt und der Monteur in den entscheidenden Momenten nicht auf das Fahren achten muß!). Ein nur einigermaßen geschickter und intelligenter Monteur lernt sehr bald — falls er nur guten Willens ist und selbst der Sache einiges Interesse entgegenbringt — die Bestäubungshöhe genau abzuschätzen, und er läßt sich auch durch eine unterhalb der Kronen verbleibende Wolke ganz und gar nicht täuschen.

Wenn, wie Geiger schreibt, es nur gelang, daß entweder der Stäubestoff unter den Kronen sich ausbreitete, oder über die Kronen hinausschoß, so ist eben schlecht gearbeitet worden, wobei es dahin gestellt bleiben mag, ob die ungenügende Apparatur keine gute Arbeit gestattete, oder ob zur Mangelhaftigkeit des Verstäubers noch die ungenügende Arbeitsleistung des Stäubemonteurs hinzukam. Ich möchte das letztere annehmen, denn sonst hätte Geiger doch wenigstens gelegentlich einmal sehen müssen, daß man mit Hilfe eines Motorverstäubers auch die Kronen bestäuben kann.

Daß nicht zu allen Zeiten gearbeitet werden kann, und daß manche Tage überhaupt keine Bestäubung zulassen, versteht sich von selbst. Ich selbst bin wohl als erster der Auffassung entgegengetreten, daß man mit Motorverstäubern den ganzen Tag über arbeiten könne, zu mindesten länger als mit Flugzeug. Wohl finden sich in unseren Akten Aufzeichnungen, aus denen hervorgeht, daß gelegentliche, überaus günstige Verhältnisse es gestatteten, den ganzen Tag durchzustäuben. Doch das sind Ausnahmen. Der Bestäubungsleiter hat aber die Aufgabe, die Verhältnisse genau zu kontrollieren und die Bestäubung eben abzubrechen, wenn es nicht mehr gelingt, den Staub in Kronenhöhe zu bringen und dort auch über die

[1]) Ich habe seit Aufkommen der Selbstfahrer immer und immer wieder darauf hingewiesen, daß ein Selbstfahrer den Stäubemonteur in doppelter Weise beansprucht (Fahren und Stäuben), und daß der Durchschnittsmensch dieser Anforderung nicht gewachsen ist. Das eine oder das andere muß dabei Not leiden, entweder das Fahren oder das Stäuben. Und da instinktiv auf das Fahren die größte Aufmerksamkeit verwendet wird, so wird die Bestäubung mangelhaft.

erforderliche Mindestzeit zu halten. Schimitschek schreibt über die günstigen und ungünstigen Stäubezeiten folgendes:

„In den frühesten Morgenstunden sinkt die Staubwolke rasch zu Boden; beim Temperaturminimum (nach Geiger zwischen 4 Uhr im Mai und 5 Uhr im August) darf also nicht gestäubt werden ... Weit günstiger ist der Wirkungsgrad der Verstäubung durch Motor in den späteren Morgenstunden und in den Spätnachmittagsstunden. In dem Kronenbereich hält sich der Staub viel länger schwebend als im Stammraum. Ein großer Teil des Giftstaubes wurde in dem Kronenraum selbst, wohl durch den lebhaften thermischen Austausch noch länger schwebend erhalten und durch die Turbulenzerscheinungen im Bestand immer wieder emporgebracht und oft zwei- bis dreimal in vertikaler Richtung durch die Kronen getrieben. Dadurch kommen die Nadeln öfter in innige Berührung mit dem Giftstaub. Die mikroskopische Untersuchung der Nadeln ergab auch eine sehr befriedigende Bestäubung derselben."

Ferner muß darauf hingewiesen werden, daß man nie in der Weise bestäubt, daß ein Stamm direkt von unten vom Stäubemittel getroffen wird. Der Staub muß zwischen den Stämmen in Kronenhöhe getrieben werden, wozu der Ventilator eines guten Verstäubers auf alle Fälle ausreicht; dann muß die Wolke seitlich durch die Kronen ziehen. Da alle 15 bis 20 Schritte wieder eine derartige Wolke hingelegt wird, so wird jede Krone mehrmals durch Stäubemittel getroffen und schließlich der ganze Bestand in vorbildlich gleichmäßiger Weise eingenebelt.

Ist der Auftrieb so stark, daß die Wolke über das Kronendach emporgeführt wird, und hilft Abdrosselung des Druckes nichts mehr, dann wird die Bestäubung eben unterbrochen.

Wenn Geiger auf Grund seiner Beobachtungen zu der Ansicht gelangt ist, daß dem Material durch Motorverstäubung nicht die Möglichkeit gegeben ist, sich so fein zu verteilen wie bei Flugzeugbestäubung, so kann das sowohl am Stäubematerial als auch am Verstäuber als auch an beiden liegen.

Das für Motorverstäubung geeignete Material muß ungemein fein sein, ja, es muß so fein sein, daß es für Flugzeugbestäubung und für die Bestäubung von Feldpflanzen, Reben usw. ungeeignet ist. Physikalische Untersuchungen an dem von meiner Firma für Motorverstäubungszwecke hergestellten Stäubemittel haben ergeben, daß es zu über 70% aus Teilchen besteht, die sich innerhalb der Größenordnung der Wassertröpfchen eines echten Nebels bewegen.

Der Motorverstäuber selbst muß so arbeiten, daß das Material nicht nur mechanisch durchgerührt, sondern auch mit Luft völlig durchsetzt wird, was sich durch besondere Konstruktion des Vorratsbehälters usw. erreichen läßt. Auf diese Weise besitzt die das Ausblaserohr verlassende Stäubewolke das Höchstmaß an „Teilchentrennung" (Voelkel), wodurch die feinste und gleichmäßigste Verteilung des Materials erreicht wird. Wenn

man allerdings die Hauptleistung eines Motorverstäubers in der Möglichkeit erblickt, daß er selbstfahrend ist, während das eigentliche Verstäuberaggregat — von dem einige Außenseiter behaupten, es sei eigentlich das Wichtigste — völlig unzureichend konstruiert ist, dann ist es verständlich, daß Geiger zu einer Mindereinschätzung der Motorverstäubung kommen mußte.

IV.

Zum Abschluß sei noch folgende Überlegung gestattet: Wenn die Geigerschen Beobachtungen und Folgerungen eine Verallgemeinerung gestatten würden, dann müßten eigentlich alle bisherigen Motoraktionen einen Mißerfolg, günstigstenfalls nur einen Teilerfolg aufzuweisen haben. Wir führten bis zum Jahre 1931 einschließlich, 18 Motoraktionen aus. Von diesen brachten 3 Aktionen nicht den gewünschten Erfolg. Bei einer Kiefernspanner- und einer Kiefernspinnerbekämpfung vereitelten Regenfälle eine ausreichende Vergiftung der an und für sich schon sehr resistenten Raupen; eine unserer zahlreichen *Lyda*-Bekämpfungen kam zu spät: die Larven begaben sich unmittelbar nach der Bestäubung in den Boden, ohne vorher noch einmal Nahrung aufgenommen zu haben. Da damals auch die *Lyda* noch allgemein mit Arsen bekämpft worden war, mußte der Erfolg notwendigerweise ausbleiben.

Die vorbildliche Stäubetechnik und einwandfrei gleichmäßige Belegung der Bestände wurden jedoch bei diesen drei Aktionen ebenso anerkannt wie bei den übrigen 15 Aktionen, deren absoluter, amtlich anerkannter Vollerfolg ja sowieso schon eine zum mindesten ausreichende Stäubetechnik beweist. Andere Firmen können sicherlich mit ebenso einwandfreiem Beweismaterial antreten.

Wenn ein Industrieller und Fabrikant in eine wissenschaftliche Diskussion eingreift, so besteht der Verdacht, daß seine Argumente durch geschäftliche Interessen beeinflußt werden. Um diesem Verdacht die Spitze abzubrechen, will ich hier nur bemerken, daß ich die Motorverstäubung vom kaufmännischen Standpunkt aus als ein notwendiges Übel ansehe. Aber es muß vom wissenschaftlichen und technischen Standpunkt aus, im Hinblick auf die bisherigen Erfahrungen und unter schärfster Zurückweisung falscher Verallgemeinerungen mit Nachdruck betont werden, „daß wir bei gewissenhaftem Arbeiten in dem Motorverstäuber ein sehr brauchbares Gerät, in der Anwendungsweise eine sehr brauchbare Methode im Kampf gegen die Forstschädlinge auf kleiner Fläche besitzen“ (Schimitschek).

Es wäre absurd, wenn diese Regel keine Ausnahme zuließe, besonders dann, wenn die technischen Hilfsmittel ungenügend sind. In diesem Sinne ist die Geigersche Arbeit zu bewerten, deren Beobachtungen in keiner Weise angezweifelt werden sollen. Aber eine Verallgemeinerung derselben würde der Überfülle gegenteiliger Beobachtungen Hohn sprechen.

Literatur.

Borchers, F., und May, E., Erfahrungen bei der Arsenbekämpfung des Kiefernspanners in biologischer und technischer Hinsicht. Forstwiss. Centralbl. Heft 16—18, 658, Berlin 1930.

Geiger, R., Meteorologische Beobachtungen bei der mittelfränkischen Kiefernеulenbekämpfung mit Flugzeug und Motor im Frühjahr 1931. Zeitschr. f. ang. Entom. 19, Heft 2, 207—222. Berlin 1932.

Schimitschek, E., Beobachtungen bei dem Auftreten und der Bekämpfung der Kiefernеule, *Panolis flammea* Schiff., in Niederösterreich 1930 und 1931. Centralbl. f. d. ges. Forstw. 57, Heft 11 u. 12, 321—342, 391—406. Wien 1931.

Schwerdtfeger, F., Forleulenbekämpfung in der preußischen Staatsoberförsterei Neuendorf, Reg.-Bez. Potsdam. Deutsche Forstzeitung 47, Heft 40, 847, Neudamm 1932.

Aus dem Institut für Schiffs- und Tropenkrankheiten zu Hamburg,
Direktor: Geheimrat Prof. Dr. F. Fülleborn.
Entomologische Abteilung, Vorsteher: Prof. Dr. E. Martini.

Experimentelle Beiträge zur Biologie der Stechmücken III.

Blutverdauung und Eireifung bei *Anopheles maculipennis* am Ende der Überwinterung.

Von

Otto Hecht.

(Mit 1 Abbildung.)

Die folgenden Bemühungen schließen direkt an Kapitel I, Abschnitt A der „Experimentellen Beiträge II", erschienen im letzten Heft dieser Zeitschrift (Bd. XIX, Heft 4, S. 579), an. Dort ist bereits darauf hingewiesen worden, daß bezüglich der Tiefe der Winterruhe vielleicht Unterschiede zwischen wahrscheinlich vorhandenen *Anopheles maculipennis*-Rassen bestehen dürften. Im folgenden sind daher die Versuche von Anfang an gesondert für „halbgraueiige" und für „dunkeleiige" Anophelen geführt worden.

Ein Hauptergebnis der vorausgegangenen Arbeit läßt sich folgendermaßen formulieren: Obwohl unter den natürlichen Verhältnissen Nordeuropas die *maculipennis*-Weibchen während des Winters (zum Teil trotz Blutaufnahme) strenge Fortpflanzungsruhe halten, kann, sowohl im Beginn wie inmitten der Überwinterung, bei Weibchen, die zum Blutsaugen gebracht waren, ein Wachstum der Eierstöcke einsetzen, allerdings nur unter der Voraussetzung, daß die mit Blut ernährten Tiere bei genügend hohen Temperaturen gehalten werden. Ja, durch wiederholte Blutmahlzeiten kann bei hohen Temperaturen auch mitten im Winter ein Teil der Mücken zur Eiablage gelangen. Mit Mücken, die Ende Januar gefangen und zum Blutsaugen gebracht worden waren, konnte die Eiablage — allerdings nur bei einzelnen Individuen — bereits nach einer einzigen Blutmahlzeit erreicht werden (siehe die letzte in der vorausgegangenen Arbeit verzeichnete, VI. Versuchsreihe).

Versuchsreihe VIIa mit Mücken aus Friedrichsmoor bei Schwerin. Friedrichsmoor ist als ein reiner „Dunkelleger"-Platz bekannt. Die Mücken standen seit Mitte Dezember in einem ungeheizten Raum unseres Glashauses, waren also dort unter Überwinterungsbedingungen gehalten, wie sie ähnlich die „unbewohnten Versteckplätze" (Bodenräume usw.) für überwinternde Anophelen zeigen.

Die Mücken wurden am 29. 3. in einen ca. 22° warmen Raum gestellt, und es wurde ihnen am 29.—30. ein Meerschweinchen angeboten. Von den 15 Mücken sogen nur 6; die nüchtern gebliebenen sogen auch nicht bei wiederholtem Anbieten von Meerschweinchen in der Zeit bis zum 6. 4.

3 der vollgesogenen Mücken wurden in das 25°-Fach eines Zwölferschen Brückenthermostaten gestellt. (Die Beschreibung eines solchen Apparates siehe Anzeiger für Schädlingskunde VIII, 2, S. 13, 1932.) Am 2.—4. 4. wurde ein Gelege von 150 Eiern abgesetzt, die sich, wie erwartet, als dunkel erwiesen. Alle drei Mücken waren am 4. 4. tot.

Die anderen drei Mücken wurden im Kühlschrank bei 10° aufbewahrt. Am 7. 4. war 1 ertrunken. Sektion ergab noch Blut im Darm, Beginn der Dotterablagerung in den Eizellen. Am 11. 4. war eine 2. Mücke ertrunken; Darm leer, Beginn der Dotterablagerung, viel Fett, im Fettkörper viel bräunliches Pigment. Dieses Sektionsergebnis besagt, daß bei 10° anscheinend kein nennenswertes Eierstockswachstum eintritt (vgl. hierüber Versuchsreihe VIIb). Die 3. ebenfalls gestorbene Mücke war nicht mehr sezierbar.

Bezüglich des bräunlichen Pigmentes in den Fettzellen handelt es sich vermutlich um eine Ablagerung von Purinkörnern, wie sie gerade am Ende der Überwinterung in besonders reichlicher Menge häufig vorkommen soll (vgl. allerdings *Culex pipiens* betreffend de Boissezon, 1930).

Versuchsreihe VIIb. Dem Versuch mit „dunklen" Anophelen wurde ein solcher mit „graueiigen" gegenübergestellt. Herkunft der Mücken: Insel Neuwerk bei Cuxhaven.

Die Mücken standen seit 16. 12. ebenfalls in dem ungeheizten Raum unseres Glashauses und wurden am 29. 3. in den ca. 22° warmen Raum gestellt, woselbst 29./30. an einem dargebotenen Meerschweinchen von 30 Stück 28 sogen.

8 vollgesogene Mücken kamen in ein zwischen 28° und 30° schwankendes Fach des Brückenthermostaten. Es fanden sich:

am 1. 4. ca. 115 halbgraue Eier und 2 ertrunkene Mücken, von denen 1 noch seziert werden konnte; sie zeigte Eizellen mit beginnender Dotterablagerung,
am 2.—4. 4. ca. 80 halbgraue Eier und 1 ertrunkene Mücke,
am 5. 4. ca. 40 halbgraue Eier und 3 tote Mücken,
am 6. 4. 2 tote Mücken, die noch seziert werden konnten. Beide zeigten den Darm leer, kein Fett und in den Eizellen beginnende Dotterablagerung.

Waren diese am 1. und am 6. 4. sezierten nun Mücken, die ihre Eier trotz vollendeter Blutverdauung nicht wesentlich der Reife entgegengebracht haben oder Mücken, die auf Kosten der vollendeten Blutverdauung bereits einen Satz Eier abgelegt, aber auch schon in den Eizellen der nächst folgenden Follikel eine geringe Dottermenge abgelagert haben? Diese Frage ließ sich bei den in kleiner Zahl in kleinen Käfigen gehaltenen Mücken nicht entscheiden, weshalb die (siehe unten) „kalt stehenden Mücken" noch im Verlaufe des Versuches zur Eiablage in Einzelhaft gesetzt wurden, und ebenso die Mücken späterer Versuche gleich nach der Blutaufnahme. Über die Isolierung von einzelnen Mücken in kleinen Einmachgläsern vgl. Martini, Missiroli und Hackett (1931).

10 vollgesogene Mücken kamen am 30. 3. nach der Blutmahlzeit in einem kleinen Käfig in ein zwischen 20° und 22° schwankendes Fach des Brückenthermostaten. Es fanden sich

am 2.—4. 4. . . . . ca. 180 halbgraue Eier und 1 ertrunkene Mücke
am 5. 4. . . . . ca. 210 halbgraue Eier und 3 tote Mücken
am 7. 4. . . . . nur noch 4 lebende Mücken
am 9.—11. 4. . . . 4 nicht mehr sezierbare Leichen.

Zuckerwasser, das vielleicht die Lebensdauer der Mücken verlängert hätte, wurde in diesen Versuchen absichtlich nicht gereicht, um vollkommene Parallelität zu den Winterversuchen zu erhalten. Da dort auch die Frage der Fettbildung durch Blutaufnahme studiert wurde, mußte gleichzeitige Verabreichung von Zuckerwasser unterbleiben.

10 vollgesogene Mücken kamen am 30. 3. zunächst alle zusammen in einen kleinen Käfig in das 10°-Fach unseres Kühlschranks. Die Hälfte der Mücken starb auch dort, die 5 restlichen Mücken wurden am 6. 4. in Einzelhaft gesetzt und bei 10° gelassen. Im Laufe der folgenden 14 Tage ertranken auch diese Mücken. Ihre Sektion ergab:

1. am 7. 4. noch Blut im Darm, starker Beginn der Dotterablagerung, Fett
2. am 14. 4. Darm leer, starker Beginn der Dotterablagerung, Fett
3. am 14. 4. Darm leer, deutlicher Beginn der Dotterablagerung, Fett
4. am 16. 4. Darm leer, Beginn der Dotterablagerung, kaum Fett
5. am 21. 4. Darm leer, starker Beginn der Dotterablagerung, Fett.

Diese 5 nach der 29.—30. 3. vollzogenen Blutmahlzeit kühl aufbewahrten Mücken hatten also trotz vollendeter Blutverdauung noch kein nennenswertes Eierstockswachstum (im Gegensatz zu den nachfolgenden Versuchen VIII a u. b) aufzuweisen. Eine erhebliche Fettablagerung auf Kosten der Blutmahlzeit scheint so wie bei den kühl aufbewahrten Tieren der Herbst- und Winterversuche (siehe Experimentelle Beiträge II) erfolgt zu sein.

Bereits deutlich ist hingegen, daß die nach der Blutmahlzeit bei ca. 28°—30° und bei ca. 20°—22° aufbewahrten Mücken am Ende des Winters mindestens zum großen Teil Eier auf Grund einer einzigen Blutmahlzeit zur Ablage bringen können.

Mit diesem Resultat von VII b stimmen die Ergebnisse mit den wenigen Tieren in Versuch VII a überein; ein Unterschied im Verhalten der graueiigen und der dunkeleiigen Anophelen war also nicht festzustellen.

Versuchsreihe VIII a. Bei den Mücken der Versuchsreihen VII a und b handelte es sich um Tiere, die schon mitten im Winter in ihrer natürlichen Umgebung gesammelt und dann von Mitte Dezember an in einem kühlen Raum aufbewahrt worden waren. Die folgenden Versuche sind nun mit Mücken unternommen, die erst im Frühjahr ihren natürlichen Überwinterungsplätzen entnommen worden sind.

Am 30. 3. wurden von Herrn Prof. Martini *maculipennis*-♀, die auf einem Hausboden in Friedrichsmoor gesammelt worden waren, ins Laboratorium gebracht. Wie schon bei VII a erwähnt wurde, sind die Friedrichsmoorer Mücken als reine Dunkelleger bekannt.

Am 30./31. 3. sogen 20 Mücken an einem Meerschweinchen, am 31. 3./1. 4. nochmals 25 Stück. Die Mücken wurden jeweils nach der Ernährungsnacht auf verschiedene Temperaturen verteilt.

In das 28°—30°-Fach des Brückenthermostaten kamen in einem kleinen Käfig insgesamt 15 Mücken. Es fanden sich:

am 2./4. 4. . . . . ca. 890 dunkle Eier
am 5. 4. . . . . 4 Mücken tot
am 6. 4. . . . . nur noch 6 Mücken lebend.

Diese wurden, um sie in Anbetracht der Verluste bei der hohen Temperatur noch rechtzeitig auszunützen, abgetötet und seziert. Bei sämtlichen 6 Tieren enthielt der Darm keinerlei Blutreste mehr, besondere Fettablagerung war bei keinem Exemplar zu verzeichnen; die Ovarien zeigten:

1. zahlreiche, beinahe ablagereife Eier.
2. Beginn der Dotterablagerung in den Eizellen und 6 halbreife Eier.
3. Beginn der Dotterablagerung in den Eizellen. Außerdem zeigte ein Ovar 3 ihrer Größe nach halbreife Eier, mit der für eine dichte Dotterablagerung typischen grau-grünlichen Färbung, und 3 ihrer Größe nach ebenfalls halbreife Eier, jedoch nur mit grauer Färbung, was wohl eine weniger starke Dotterablagerung anzeigt. Das andere Ovar hatte ebenfalls 6 ihrer Größe nach halbreife Eier, 5 graugrünliche und 1 graues.
4. Beginn der Dotterablagerung in den Eizellen.
5. Beginn der Dotterablagerung in den Eizellen und ein halbreifes Ei.
6. Beginn der Dotterablagerung in den Eizellen und in einem Ovar eines und im andern 8 reife Eier.

Da diese Population am 2./4. 4. schon 890 Eier gelegt hatte, ist es nicht ausgeschlossen, daß die unter 2., 3., 5. und 6. angeführten halbreifen Eier Resteier sind, die allerdings dann mit der Eizellenentwicklung in den gleichaltrigen Follikeln zum Teil nicht gleichen Schritt gehalten haben dürften.

15 Mücken dieser Versuchsreihe kamen nach der Blutmahlzeit in das ca. 21°-Fach des Brückenthermostaten. Es fanden sich:

am 6. 4. . . . ca. 230 dunkle Eier
am 7. 4. . . . ca. 240 dunkle Eier und noch 11 Mücken lebend
am 8. 4. . . . ca. 240 dunkle Eier und noch 5 Mücken lebend.

Die Sektionen dieser 5 toten Mücken am 8. 4. ergaben:

1. kein Blut im Darm, ca. 140 nahezu ablagereife Eier, etwas Fett.
2. kleinen Blutrest im Darm, zahlreiche ablagereife Eier, etwas Fett.
3. kleinen Blutrest im Darm, zahlreiche ablagereife Eier, etwas Fett.
4. kein Blut im Darm, Beginn der Dotterablageruung, etwas Fett.
5. kein Blut im Darm Beginn der Dotterablagerung, etwas Fett.

Der Versuch zeigt, daß am Ende der Überwinterung die Mücken bei einer ca. 20°-Temperatur bereits nach einer einzigen Blutmahlzeit ihre Eier ablegen können. Ob nur die Mehrzahl der Mücken oder ob alle Mücken unter diesen Umständen ihre Eier zur Ablagereife bringen, läßt dieser Versuch, in dem die Mücken noch nicht in Einzelhaft gesetzt worden waren, leider nicht entscheiden.

15 Mücken kamen nach der Blutmahlzeit in das 10°-Fach des Kühlschrankes. Am 6. 4. wurden 13 Überlebende in Einzelhaft gesetzt und bei dieser Temperatur belassen. Die Ergebnisse waren die folgenden:

1. 7. 4. Mücke ertrunken, Blut im Darm, ca. 190 halbreife Eier, ziemlich Fett.
2. 8. 4. Mücke ertrunken, Blut im Darm, ca. 140 $^{3}/_{4}$ reife Eier.
3. 9./11. 4. 100 dunkle Eier abgelegt, $^{1}/_{2}$ Mücke ertrunken, Ovarien ca. 70 ablagereife Eier, Darm leer, grün gefärbt,[1]) wenig Fett.

[1]) Einen grünlich verfärbten leeren Darm habe ich in letzter Zeit bei *maculipennis*-♀ nach vollendeter Blutverdauung wiederholt bemerkt, sehr häufig auch bei der Sektion von ca. 70 Mücken, die Ende April mit Blut vollgesogen von Herrn Prof. Martini in

4. 9./11. 4. 170 dunkle Eier abgelegt, Darm leer, Ovarien ein ablagereifes Restei und beginnende Dotterablagerung in den Eizellen, Fett, Pigmentkörnchen.
5. 9./11. 4. 140 Eier abgelegt und untergegangen, Darm leer, Beginn der Dotterablagerung schwach, kein Fett.
6. 9./11. 4. ca. 170 Eier abgelegt und untergegangen, Darm leer, grünlich, Beginn der Dotterablagerung, Fett.
7. 12. 4. 110 dunkle Eier abgelegt, Mücke abgetötet, Darm grünlich, Beginn der Dotterablagerung, Fett, Pigmentkörnchen.
8. 12. 4. ca. 140 Eier abgelegt und untergegangen, Darm leer, grünlich, ganz geringe Dotterablagerung in den Eizellen, Fett, Pigmentkörnchen.
9. 14. 4. 160 dunkle Eier abgelegt, Mücke abgetötet, Darm leer, Ovarien ohne Weiterentwicklung, kein Fett.
10. 14. 4. Mücke ertrunken, Darm leer, Ovarien beginnende Dotterablagerung, kaum Fett.
11. 14. 4. 6 Eier.
    15. 4. 80 dunkle Eier abgelegt, Mücke ertrunken, Darm leer, grünlich, deutlicher Beginn der Dotterablagerung, kaum Fett.
12. 14. 4. 140 Eier abgelegt und untergegangen, Mücke ertrunken, 1 Restei, Beginn der Dotterablagerung, ziemlich Fett.
13. 16./18. 4. Mücke ertrunken, Darm leer, Beginn der Dotterablagerung stark, Fett.

11 Mücken dieser bei 10° in Einzelhaft gesetzten 13 Tiere zeigten also nach einer einzigen Blutmahlzeit Eiablage, bezw. erhebliche Eientwicklung; 2 Mücken (Nr. 10 und 13) wiesen dagegen nur beginnende Dotterablagerung in den Eizellen auf. Die überwiegende Mehrzahl kann also bereits bei 10° zur Eiablage schreiten, jedoch nicht alle Mücken!

Besonders bemerkenswert ist fernerhin, daß auch die Mücken, die einen Satz Eier abgelegt haben, größtenteils „Beginn der Dotterablagerung in den Eizellen" der nächstfolgenden Follikel aufweisen. In welchem Maße eine solche Dotterablagerung die Eizellen (im Gegensatz zu den Nährzellen) charakterisieren kann, zeigt das Mikrophotogramm. Die Zellen sind durch starken Deckglasdruck etwas durchsichtiger gemacht worden, also über ihre natürliche Größe hinaus gedehnt. Ein geringer Teil der vorausgegangenen Blutmahlzeit, der für die Ausbildung der zur Ablage gelangten Eier entbehrlich war, muß wohl die Baustoffe für diese Dotterbildung in den nächstfolgenden Follikeln geliefert haben. Man sieht, daß der Befund „geringe Dotterablagerung in den Eizellen" für sich allein nichts bedeutet, da er sowohl einer Mücke zu-

---

verschiedenen Ställen gesammelt und einige Tage darauf für die Eiablage im Laboratorium in Einzelhaft gesetzt worden waren. Man wird vielleicht nicht fehlgehen, wenn man hier einen beim Abbau des Hämoglobins entstehenden grünen Farbstoff vermutet. Ein solcher Umbau des roten Blutfarbstoffes ist ja von der Bildung der Gallenfarbstoffe, des Bilirubins und seines grünen Oxydationsproduktes, des Biliverdins, vorwiegend aus der Säugetierleber bekannt. Nach Jordan (vgl. Physiologie wirbelloser Tiere, 1912) darf aber aus der Entstehung von Derivaten gefressener und absorbierter Stoffe keineswegs auf eine Leberfunktion des betreffenden Wirbellosen-Gewebes geschlossen werden, zumal Gallenfarbstoffentstehung auch beim Säugetier nicht auf die Leber beschränkt zu sein braucht, sondern z. B. von Blutextravasaten bekannt ist. Eine Entstehung von Gallenfarbstoffen aus Nahrungshämoglobin erwähnt Jordan nach Spieß auch vom Blutegel.

kommen kann, die bereits einen Satz Eier abgelegt hat, als auch einer solchen (z. B. Nr. 10 und 13), die noch keine Eier zu erheblichem Wachstum gebracht hat.

Versuchsreihe VIII, b. Auch den Frühjahrsmücken „dunkler" Herkunft wurden im folgenden solche aus einer Gegend mit „Halbgraulegern" gegenübergestellt.

Die Mücken waren am 10. 3. in Loppersum bei Emden gesammelt und von Herrn Prof. Martini in einem Versuch zwischen 11. und 20. d. Mts. Temperaturen um den Gefrierpunkt und einigen Graden unter 0 ausgesetzt worden. Die Tiere wurden, nachdem sie am 22. bei Zimmertemperatur und bis zum 30. mäßig kühl gestanden hatten, von Prof. Martini mir für meine Versuche überlassen. Am 30./31. 3. und 31./1. 4. sogen insgesamt 29 Mücken, die stets unmittelbar nach der Saugnacht in den ihnen zugedachten Temperaturbereich kamen.

Eierstock von *Anopheles maculipennis* nach einer Eiablage. Obj. 16 mm, Ok. 6. Phot.: Plett.

10 Mücken kamen in ein 28°—30°-Fach des Brückenthermostaten. Am 2./4. 4 fanden sich 350 Eier, die teils dunkel, teils halbgrau waren. Am 5. 4. waren alle Mücken tot, bis auf 2, die am 6. seziert wurden. Die Tiere sind diesen hohen Temperaturen gegenüber wenig widerstandsfähig. Die beiden Sektionen ergaben:

1. Darm leer, deutlicher Beginn der Dotterablagerung, kein Fett.

2. Darm leer, deutlicher Beginn der Dotterablagerung, außerdem in beiden Eierstöcken zusammen 12 $^2/_8$ reife Eier.

9 Mücken kamen in ein ca. 21° haltendes Fach des Brückenthermostaten. Es ergaben sich:

1. 5. 4. . . . . ca. 160 halbgraue Eier, 2 Mücken tot.
2. 7. 4. . . . . ca. 165 halbgraue Eier, 3 Mücken tot
3. 8. 4. . . . . ca. 170 halbgraue Eier, 1 Mücke tot
4. 11. 4. 1 Mücke tot.
5. 11. 4. 1 Mücke abgetötet und seziert, Darm leer, beginnende Dotterablagerung in den Eizellen.

7 Mücken kamen am 31. 3. bezw. 1. 4. in ein 10°-Fach des Kühlschranks, wurden am 6. 4. in Einzelhaft gesetzt und in dieser Temperatur belassen. Die Ergebnisse waren die folgenden:

1. 7. 4. Mücke ertrunken, noch Blut im Darm, . . ca. 160 halbreife Eier, kaum Fett
2. 7. 4. Mücke ertrunken, noch Blut im Darm, . . ca. 170 halbreife Eier, kaum Fett
3. 8. 4. Mücke ertrunken, noch Blut im Darm, . . ca. 180 $^3/_4$ reife Eier,
4. 9. 4. Mücke ertrunken, Darm leer, ... ca. 160 $^3/_4$ reife Eier,
5. 9. 5. Mücke ertrunken, Blutrest im Darm, . . . ca. 200 $^3/_4$ reife Eier,
6. 12. 4. 40 halbgraue Eier abgelegt, Mücke ertrunken, Darm leer, Dotterspuren um die Eikerne, Fett.
7. 17. 4. 70 halbgraue Eier abgelegt, schlecht ausgefärbt, Mücke ertrunken, Darm leer, grünlich, Beginn der Dotterablagerung, etwas Fett.

Diese in Einzelhaft gesetzten Tiere zeigten, daß nicht nur bei ca. 28° und ca. 20°, sondern auch bei 10° eine erhebliche Eireifung einsetzt, die bis zur Eiablage führen kann. Die Verluste an Mücken bei 10°, ehe es zur Ablage der Eier kommt, erklären sich durch das besonders leicht mögliche ins Wasser fallen der etwas kältestarren Tiere. Nr. 6 und 7, die zur Eiablage gelangten, haben allerdings eine auffallend geringe Eizahl erzeugt, und es ist nicht mit Sicherheit anzugeben, ob die Follikel, die bei der nachfolgenden Sektion geringe Dotterablagerung erkennen ließen, mit den Follikeln gleichen Alters sind, die die Eier bis zur Ablagereife gebracht hatten, oder ob es sich hier um eine Dotterspeicherung in den Eizellen der nächstfolgenden jüngeren Follikel handelt.

Weiterhin darf aus diesen und dem sogleich folgenden Versuchen festgestellt werden, daß die extreme Kälte, der Herr Prof. Martini die Loppersumer Anophelen unterworfen hatte (unter anderem eine Woche — 7°), der Fähigkeit zur Eireifung keinen Abbruch getan hat.

Dem Rest der Loppersumer Mücken, die am 30./31. 3. und 31. 3./1. 4. nicht gesogen hatten, und seither in einem erheblichen Temperaturschwankungen unterworfenen, im Mittel vielleicht ca. 15° warmen Raum gestanden hatten, wurde am 5./6. 4. ein Meerschweinchen angeboten. Es sogen 7 Stück, die am 6. 4. sogleich in Einzelhaft gesetzt und in ein ca. 28°—30°-Fach des Brückenthermostaten gestellt wurden.

Am 7. 4. waren zwei Mücken ertrunken. Die Sektionen ergaben:

1. Blut im Darm . . . . . 80 $^1/_4$ reife Eier
2. Blut im Darm . . . . . 60 $^1/_4$ reife Eier

Durch einen Fehler in der Beheizung des Thermostaten stieg am 7./8. 4 die Temperatur auf 33 $^1/_2$°; alle Mücken waren am Morgen tot. Die Sektionen ergaben:

3. Blutrest im Darm . . . . . ca. 140 $^3/_4$ reife Eier, etwas Fett
4. Blutrest im Darm . . . . . ca. 170 $^3/_4$ reife Eier, etwas Fett
5. Darm leer . . . . . ca. 160 ablagereife Eier, etwas Fett
6. Darm leer . . . . . ca. 170 ablagereife Eier, Eierstöcke: deutlicher Beginn der Dotterablagerung, etwas Fett
7. 140 halbgraue Eier abgelegt, Blutrest im Darm, Eierstöcke: 7 Resteier, in den leeren Follikeln keine Dotterspeicherung, etwas Fett.

Diese Sektionsergebnisse zeigen, daß alle Mücken nach einer einzigen Blutmahlzeit die Eier entsprechend der hohen Temperatur sehr rasch reifen; schon 2 Tage nach der Blutmahlzeit legte die einzige nicht verunglückte Mücke ihre Eier ab.

Als **Gesamtergebnis** der Versuche darf man feststellen, daß bereits im Vorfrühling *maculipennis*-♀ ihre Eier im Gegensatz zum winterlichen Verhalten auf Grund einer einzigen Blutmahlzeit zur Ablage bringen können. Mit den im Vorfrühling ihren natürlichen Überwinterungsplätzen entnommenen *maculipennis*-♀ konnte die Eireifung auf Grund einer Blutmahlzeit sowohl beim Aufenthalt in hoher (ca. 28°) und in mäßiger (ca. 20°) Wärme als auch beim Aufenthalt in niederen Temperaturen (ca. 10°) erreicht werden. Im Winter ließen bekanntlich (vgl. Exp. Beitr. II) niedere Temperaturen auch bei wiederholter Blutaufnahme keine Eireifung zustande kommen, und noch in den hier verzeichneten Versuchen VIIa und b war Eireifung auf Grund einer Blutmahlzeit bei 10° nicht möglich. Beachtenswerte Unterschiede zwischen den „halbgrauen" und den „dunklen" Anophelen ergaben sich mit den am Ausgang der Überwinterung stehenden Mücken auf Grund dieser experimentellen Bemühungen nicht.

Um die Eireifung der im Frühling ihren Winterplätzen entnommenen Mücken auf breiterer Grundlage zu beobachten, setzte ich noch eine größere Anzahl Mücken nach vollzogener Blutmahlzeit in Einzelhaft.

Die Tiere waren von Herrn Dr. Weyer in Twixlum bei Emden am 23. 3. in einem Bodenraum gesammelt worden, der damals um 11 Uhr vormittags eine Temperatur von 6° aufwies. Die Tiere wurden bis zum 29. im Kühlschrank bei ca. 10° belassen, kamen an diesem Tage in einen ca. 20° warmen Raum und erhielten dort am 29./30. ein Meerschweinchen. Es sogen fast alle Mücken. Am 4./5. wurde aus hier nicht einschlägigen Gründen nochmals ein Meerschweinchen angeboten. Nur wenige Mücken waren frisch vollgesogen. Immerhin dürften einige wenige also zweimal Blut gesogen haben, weshalb nicht alle, sondern nur die Mehrzahl der in der Tabelle verzeichneten Ergebnisse sich auf eine Eireifung nach einer einzigen Blutmahlzeit. Am 5. fanden sich 350 Eier abgelegt, die alle halbgrau waren. Am 9. kamen die Tiere in Einzelhaft. Die Tiere standen während der ganzen Versuchszeit in einem erwärmten Raum unseres Glashauses, dessen Temperaturen durch mittägliche Sonnenbestrahlung und nächtliche Abkühlung zuweilen erheblich schwankten (zwischen 17° und 28°) und im Mittel vielleicht 22° aufgewiesen haben dürften. Der größere Teil der isolierten Tiere hatte stets einen mit Zuckerwasser getränkten Wattebausch zur Ernährung angeboten (27 Mücken), der kleinere Teil dagegen nur mit Wasser getränkte Wattebäusche (19 Mücken). Bei ein paar Tieren ist durch einen Fehler in der Buchführung nicht verzeichnet worden, ob sie Zuckerwasser erhalten hatten (4 Mücken).

Überblickt man die aus Gründen der Raumersparnis nicht im einzelnen wiedergegebenen Resultate mit diesen Mücken, so zeigt sich folgendes Bild: Der größere Teil der Mücken hat die Eier entweder zur Ablage gebracht oder, wie die Sektionsergebnisse verunglückter Mücken besagen, doch in erheblichem Maße der Ablagereife entgegengefördert.

Auffällig hierbei war ein starker Einfluß der Zuckerwasserernährung. Von 27 mit Zuckerwasser versorgten Tieren hatten nur 3 keine nennenswerte Eientwicklung, während von den 19 nicht mit Zuckerwasser ernährten Tieren etwa nur die Hälfte eine nennenswerte Eireifung zeigte. Das Blut war zur Zeit der Eiablage resp. der Sektion bei allen Mücken restlos verdaut mit Ausnahme einer Mücke, die bei der Sektion noch Reste halbverdauten Blutes und 160 zweidrittelreife Eier aufwies.

Die Zuckerwasser-Ernährung dürfte auch für die Zahl der Eier pro Gelege vielleicht von Bedeutung sein, 20 mit Zuckerwasser zusätzlich ernährte Mücken, die ihre Gelege normal zur Ablage brachten, zeigten eine durchschnittliche Eizahl von 146,7, während 7 normal legende Mücken ohne zusätzliche Zuckerwasserernährung eine durchschnittliche Eizahl von 120,7 zeigten. Freilich ist dieser Zahlenunterschied, der zudem an einem vielleicht zu kleinen Mückenmaterial gewonnen ist, sehr gering, andererseits muß aber bedacht werden, daß unter Umständen nur ein kleiner Teil der Mücken, denen Zuckerwasser angeboten war, auch tatsächlich solches getrunken hat.

Weiterhin hatte die Zuckerwasser-Ernährung einen entschieden fördernden Einfluß auf die Fettbildung. Bei den nur mit Wasserwatte gehaltenen Tieren war im Gegensatz zu den meist fetten Zuckerwassertieren eine nennenswerte Fettbildung nur einmal, selten eine schwache und meist gar keine zu verzeichnen.

Es ist noch nicht erwiesen, ob das Ergebnis, daß nicht alle Mücken nach einer Blutmahlzeit zur Eiablage oder zu erheblichem Eiwachstum gelangen, irgend einem besonderen Frühlingsverhalten dieser Mücken zugeschrieben werden muß.

Es handelte sich bei diesen Mücken aus Twixlum um lauter Halbgraulegen. Martini, Missiroli und Hackett haben im vorigen Sommer für ihre „Versuche zum Rassenproblem des *Anopheles maculipennis*“ Mücken in großer Zahl in Ställen gesammelt und im Laboratorium in Einzelhaft gesetzt. Dabei ergab sich, daß die Dunkelleger fast quantitativ zur Eiablage schritten oder bei Obduktionen ihre Eierstöcke in deutlich vorgeschrittener Entwicklung aufwiesen, während sich unter den Halbgraulegern stets eine Anzahl Tiere befand, welche keine Eier ablegten, und bei Obduktionen noch völlig unentwickelte Ovarien zeigten, also „überhaupt keine Entwicklungsbereitschaft der Eier besaßen.“

Die Autoren schreiben zu diesem Befund: „Das spricht dafür, daß bei den Dunkellegern das nüchterne Weibchen sich im Freien hält oder vielleicht an den Plätzen, wo auch die Männchen leben, aber im allgemeinen die Ställe nicht als Unterschlupf benutzt, während das graulegende Weibchen auch nüchtern die Ställe annimmt. Wohl beachtet: Ställe, der in Deutschland üblichen Art in deutschem Klima.“

Ich möchte diese Vermutung durch meine Versuche mit den Twixlumer Mücken keineswegs als widerlegt hinstellen, aber nach den Ergebnissen mit diesen Mücken, die ja alle eine Blutmahlzeit erhalten haben, darf man auch fragen, ob bei einem Teil der Halbgrauleger vielleicht eine Blutmahlzeit nicht zur Eiausbildung ausreicht. Um dies zu klären, müssen im Hochsommer mit noch nüchtern eingetragenen oder aus Larvenzuchten gewonnenen Anophelen Fütterungsversuche folgen, die sowohl bei Dunkellegern als auch Halbgraulegern gesondert feststellen sollen, was eine Blutmahlzeit in der Fortpflanzungszeit erreichen kann.

Daß hierbei eine strenge Kontrolle bezüglich zusätzlicher Zuckerwasserfütterungen nötig ist, darauf ist oben schon hingewiesen. Ich glaube nicht, daß bei *Anopheles maculipennis* die Zuckerwasserfütterung direkt der Eiausbildung dienlich ist. Aber warm stehende Mücken bedürfen einer Nahrung zur Bestreitung ihres in der Wärme gesteigerten Stoffwechsels, und wird kein Zuckerwasser verabreicht, so muß ein Teil der Blutmahlzeit hierzu dienen, wodurch die Eibildung bei manchen Tieren vielleicht erheblich beeinträchtigt werden könnte.

Zum Schlusse der Arbeit darf ich Herrn Prof. Martini und auch Herrn Kollegen Weyer in Emden meinen besten Dank für die wiederholte Beschaffung von Material aussprechen. Sie haben es mir im Rahmen ihrer Untersuchungen auf Exkursionen gesammelt, die sie im Auftrage der „International Health Division“ der Rockefeller Foundation ausgeführt haben, zu einer Zeit, in der ich selbst mehr an das Laboratorium gebunden war. Bezüglich der angeführten Arbeiten verweise ich auf das am Schlusse der Exp. Beitr. II bereits gegebene Schriftenverzeichnis.

Untersuchungen über die Teilchengröße der wirksamen Substanz von wäßrigen Pyrethrum-Insektenpulver-Suspensionen.

Von

Dr. **Walter Buchmann.**

(Aus der Preußischen Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Präsident: Geh. Prof. Dr. Beninde, Zool. Abteilung, Direktor: Prof. Dr. Wilhelmi.)

Inhalt. Seite

1. Literatur und Fragestellung 136
2. Die Wirksamkeit wäßriger Insektenpulveraufschwemmungen 138
3. Versuche zur Feststellung der Teilchengröße der wirksamen Substanz in wäßrigen Pyrethrum-Insektenpulver-Suspensionen 141
4. Die wäßrige Pyrethrumpulver-Aufschwemmung keine echte Lösung 147

1. Literatur und Fragestellung.

Bei Untersuchungen über die Wirksamkeit von wäßrigen Pyrethrum-Insektenpulver-Aufschwemmungen an Wasserinsekten, vor allem an Culiciden- und Chironomidenlarven (Buchmann, 1932) tauchte bei mir die Frage auf, in welcher Form sich die wirksamen Substanzen des Insektenpulvers — die Pyrethrine — in dem Wasser verteilen. Gehen die Pyrethrine in das Wasser als echte Lösung über oder handelt es sich nur um eine einfache Suspension der wirksamen Bestandteile des Insektenpulvers? Im letzteren Falle wäre es interessant zu wissen, wie groß die Teilchen dieser wirksamen Substanz im Wasser noch sein können, um eine vergiftende Wirkung hervorzurufen. Es ließen sich dann gewisse Schlüsse auf die Verteilung des Pyrethrum-Insektenpulvers im Wasser ziehen.

Versuche, die im Zusammenhang mit anderen Fragestellungen über die Wirksamkeit der Pyrethrum-Insektenpulver auf Chironomidenlarven und anderen Wassertieren von mir angestellt wurden, und Untersuchungsergebnisse anderer Autoren lassen erkennen, daß sehr weitgehende Verdünnungen von Insektenpulver-Suspensionen bei vielen Wassertieren noch starke Wirkungen hervorrufen können.

Die Zeitdauer und die Stärke der Einwirkung der Pyrethrine auf das Nervensystem dieser Insekten hängen dabei von vielen Faktoren ab, wie Stärke des Chitinpanzers, Vorhandensein von Kiemen, Art der Nahrungsaufnahme usw. Eingehende frühere Untersuchungen von mir an Fliegenlarven und anderen Insekten haben gezeigt, daß in erster Linie die Körperoberfläche als Angriffspunkt für das Insektenpulver dient, so daß also die Ausbildung des Chitinpanzers maßgebend ist für die Stärke der Einwirkung der Pyrethrine auf das Nervensystem (Buchmann, 1928, 1929, 1930, 1931).

Über die Giftwirkung von wäßrigen Pyrethrum-Insektenpulver-Aufschwemmungen bestehen in der Literatur starke Gegensätze. Besonders häufig wurde die Frage diskutiert, ob die Pyrethrine 1 und 2, die nach den neueren Untersuchungen von Staudinger die wirksamen Bestandteile der Pyrethrum-Insektenpulver darstellen, wasserlöslich oder wasserunlöslich sind. Dal Sie (1879) behauptete, daß die flüchtigen Säuren, die nach seiner Ansicht das wirksame Prinzip der Insektenpulver darstellen sollen, im Wasser aus dem Pulver herausgelöst werden. Hirschsohn (1890) stellte dagegen fest, daß ein kalter wäßriger Auszug aus Pyrethrumpulver zwar sauer reagierte, daß aber der Pulverrückstand nach der Trocknung nichts von seiner narkotischen Wirkung verloren hatte. Fujitani (1909) machte Versuche mit wäßrigen Pyrethrumpulver-Emulsionen und kam dabei zu dem Ergebnis, daß noch eine 0,0001 prozent. Lösung an Fischen Krämpfe hervorrief. Der Autor sagte aber nichts weiter über die Frage der Löslichkeit bezw. Unlöslichkeit der wirksamen Substanz im Wasser aus. Siedler (1916) fand, daß Wasserdampf die Wirksamkeit der Pyrethrum-Insektenpulver nicht beeinträchtigte. Costa (1922) dagegen kam bei seinen Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß ein wäßriger Pyrethrum-Insektenpulverextrakt sich zur Wirksamkeitsbestimmung der Insektenpulver besser eignen würde als ätherische Extrakte. Die Autoren Chevalier und Mercier (1923) dagegen vertraten die Auffassung, daß das Pyrethrum-Insektenpulver in Wasser unlöslich sei. Staudinger und Ruzicka (1924), die in den Estern Pyrethrin 1 und Pyrethrin 2 die wirksame Substanz des Pyrethrum-Insektenpulvers erkannten, stellten ebenfalls fest, daß diese Pyrethrine in Wasser unlöslich sind und Öle von neutraler Reaktion darstellen. Saling (1928) gab in seiner ausführlichen Untersuchung über das wirksame Prinzip von Pyrethrum-Insektenpulvern an, daß Stubenfliegen und Schaben durch einen stark wäßrigen Kochauszug etwas beeinflußt werden. Entsprechend den Beobachtungen von Kunike (1926) konnte Saling auch weiterhin feststellen, daß Fliegen durch die Dämpfe eines warmen, wäßrigen Kochextraktes von Pyrethrum-Pulver gelähmt und abgetötet werden. Saling nimmt an, daß „offenbar beim Kochen mit Wasser aus dem Pulver etwas insektizide Substanz in dem Wasserdampf mitgerissen und dem Wasser in anscheinend emulsionsartiger Form mitgeteilt wird. Hieraus erklären sich wohl die Meinungs-

verschiedenheiten über die Wasserlöslichkeit und Flüchtigkeit der wirksamen Substanz.“ Krüger (1931) filtrierte, um eine auch noch so geringe Löslichkeit des Insektenpulvers zu zeigen, eine Insektenpulver-Suspension sorgfältigst zweimal. Das Filtrat war in seinen Versuchen einwandfrei wirksam. In welchen Mengen allerdings das wirksame Prinzip des Insektenpulvers „die Pyrethrine“ im Wasser „gelöst“ werden, vermochte Krüger nicht zu zeigen, da bei abnehmender Konzentration des Insektenpulvers nur sehr geringe Unterschiede in der Zeit bis zum Eintreten der ersten Lähmungserscheinungen beobachtet wurden. Krüger läßt daher die Frage völlig offen, ob wir es mit einer eigentlichen Lösung zu tun haben, oder ob nur geringe Mengen der wirksamen Substanz das Filter in kolloidaler Form passiert haben.

2. Die Wirksamkeit wäßriger Insektenpulveraufschwemmungen auf Wassertiere.

In meiner Arbeit „Chironomidenschäden bei dem Belebt-Schlammverfahren, ihre Verhütung und Behebung durch chemische Mittel“ (Buchmann, 1932) hatte ich festgestellt, daß sich eine wäßrige Pyrethrum-Insektenpulversuspension sehr gut zur Abtötung der Chironomiden-Larven und Puppen eignete. Es genügte schon eine Menge von 2,5 mg Pereat-Insektenpulver auf 1 l Abwasser, um die Larven und Puppen in 4 bis 6 Stunden so stark zu lähmen, daß sie vollkommen lebensunfähig blieben und bald darauf eingingen. Krüger (1931), der die Giftwirkung von Pyrethrum-Insektenpulvern auf die Larven von *Corethra plumicornis* untersuchte, stellte zunächst eine wäßrige Stammlösung von 1 g Insektenpulver auf 1000 g Wasser her, die er dann entsprechend verdünnte. Die Grenzkonzentration, bei der in seinen Versuchen die Krämpfe an *Corethra plumicornis* noch mit Sicherheit einsetzten, lag bei 1 : 1 000 000. Weiterhin stellte Krüger fest, daß die Zeit bis zum Eintreten der ersten Krämpfe für die verschiedenen von ihm hergestellten Konzentrationen keinen Unterschied zeigte. Er führte das auf die minimale Löslichkeit der Pyrethrine in Wasser zurück, so daß selbst beim Vorhandensein von sehr wenig Insektenpulver die Pyrethrine immer noch in gesättigter Lösung vorliegen. Größere Mengen Insektenpulver würden demnach in Wasser suspensiert keine größeren Mengen der wirksamen Substanz an das Wasser abgeben.

Als Untersuchungsobjekt für die folgenden Versuche und zur Feststellung der noch wirksamen Grenzkonzentrationen einer Pyrethrum-Insektenpulversuspension wählte ich eine Isopode, die Wasserassel, *Asellus aquaticus*. Diese Assel stand mir ständig in großen Mengen aus den Freilandaquarien der Landesanstalt zur Verfügung und zeigte sich selbst geringsten Mengen Insektenpulver gegenüber als äußerst empfindlich. Diese hohe Empfindlichkeit der Wasserasseln dem Insektenpulver gegen-

über hängt wahrscheinlich zunächst mit dem breiten, flachen, dorso-ventral abgeplatteten Körper dieser Asseln zusammen, der besonders auf der ventralen Seite an den dünnen Gelenkhäuten zwischen den Extremitäten dem Insektenpulver gute Angriffsmöglichkeiten bietet. Zum anderen geben die Hinterleibsbeine, die ganz in den Dienst der Atmung gestellt sind und von denen vor allem die drei letzten großen, plattenförmigen Beinpaare der Atmung dienen, der wirksamen Substanz der Pyrethrum-Insektenpulver, den Pyrethrinen, dadurch eine leichte Eindringungsmöglichkeit, daß der Innenast dieser Abdominalfüße ein sehr zartes Kiemenplättchen darstellt, während der Außenast eine schützende Decke bildet. Dazu kommt noch eine verhältnismäßig starke Zusammenballung der Bauchmarkganglien im Abdomen, indem alle Ganglien des Hinterleibes miteinander vereinigt sind und die Verlagerung des Herzens in das Abdomen, so daß also die Pyrethrine auf dem kürzesten Wege zu den Nerven, dem eigentlichen Angriffspunkt des Insektenpulvers, gelangen können; denn wie ich bereits früher (Buchmann, 1929, 1930) feststellen konnte, beruht die Wirksamkeit des Insektenpulvers in einer spezifischen Schädigung des Nervensystems der Insekten. Durch die Zusammenballung der Ganglien in der Nähe der Abdominalfüße, deren Kiemenplättchen dem Eindringen der Pyrethrine wenig Widerstand entgegensetzen können, gelangt das Gift sehr schnell an die Hauptnervenmasse, in diesem Falle also das Bauchganglion, heran und kann hier sofort die bekannten Lähmungserscheinungen hervorrufen. Bei den Wasserasseln äußern sich diese Lähmungserscheinungen (Erregungsstadium, Excitationsstadium) in einem schnellen vollständigen Zusammenkrümmen des gesamten Körpers. Die Tiere nehmen dabei Rückenlage ein und sind bei genügender Vergiftung nicht mehr imstande, sich aufzurollen und in die normale Lage zurückzukehren. Die vollständige Lähmung tritt meistens sehr schnell ein und führt dann nach mehr oder weniger langer Zeit zum Tode. Kurz vor dem Tode strecken sich die zusammengekrümmten Tiere wieder aus, behalten aber ihre Rückenlage bei.

Zur Feststellung der geringsten noch wirksamen Verdünnung einer Pyrethrum-Insektenpulversuspension auf Wasserasseln führte ich eine Reihe von Versuchen aus. Als Stammlösung stellte ich zunächst eine Insektenpulversuspension von 100 mg auf 1 l Wasser her. (Verwandt wurden das „Pereat"-Insektenpulver der Firma Riedel, Berlin, und das Insektenpulver „Ori" der Exterikultur, Königsberg.) Durch entsprechende Verdünnungen dieser Stammlösung ging ich allmählich bis zu dem Mengenverhältnis von 0,1 mg pro 1 l Wasser herunter. Als wirksam erwies sich in den angestellten Versuchen noch ein Mengenverhältnis von 1 mg Insektenpulver auf 1 l Wasser. Die Insektenpulversuspension vergiftete also noch in einer Verdünnung von 1 : 1 000 000 die als Testtiere eingesetzten Wasserasseln. Bei dieser Verdünnung traten die ersten Erregungsstadien nach 1 bis 2 Minuten auf, denen dann sofort das Excitationsstadium folgte. Nach einer halben Stunde waren die Asseln bereits vollkommen gelähmt und

führten kaum noch irgendwelche Bewegungen aus. Der Tod der Asseln trat nach 12—18 Stunden ein.

Die festgestellte Grenzkonzentration von 1 : 1000000, die bei den Asseln noch vergiftend wirkte, ist also dieselbe, wie sie Krüger (1931) für *Corethra*-Larven gefunden hatte.

Bei den angegebenen Verdünnungsgraden der Insektenpulveraufschwemmung, die bei diesen orientierenden Vorversuchen nicht filtriert wurde, ist zu berücksichtigen, daß das Insektenpulver nicht die reine wirksame Substanz darstellt, sondern daß als wirksame Komponenten die in dem Pulver enthaltenen Pyrethrine 1 und 2 verantwortlich zu machen sind. Nach den Untersuchungen von Staudinger und Herder (1927) beträgt der Gehalt des reinen Insektenpulvers an Pyrethrinen ungefähr 0,4—0,6%. Legt man im günstigsten Falle einen Pyrethringehalt von 0,5% zugrunde, so würde das reine Pyrethrin bei den oben festgestellten Grenzkonzentrationen von 1 : 1000000 Insektenpulver sich in dem Mengenverhältnis von 1 : 5000000000 im Wasser befinden oder in einer 0,000000016 molaren Lösung, wenn man die Formel $C_{21}H_{30}O_3$ für das wirksamere Pyrethrin 1 zugrunde legt. Das Pyrethrum-Insektenpulver gehört damit zu den giftigsten Stoffen, die wir kennen.

Bei den Versuchen an *Asellus aquaticus* mit den verschiedenen Verdünnungsgraden der Insektenpulver-Stammlösung von 100 mg pro 1 l Wasser machte ich weiterhin die Beobachtung, daß der Zeitpunkt der ersten auftretenden Erregungsstadien nicht sehr variierte. Besonders eindeutig zeigte sich diese Tatsache dann, wenn ich vorher die verschiedenen Verdünnungen der Insektenpulver-Stammlösung durch einen quantitativen Filter filtrierte. Wenn auch naturgemäß der in dem Filter verbleibende Insektenpulverrückstand in seinen Mengen analog den verschiedenen Konzentrationen variierte, so erwies sich doch das Filtrat in allen Versuchen als gleich gut und schnell wirksam.

Auch die goldgelbe Farbe des entstehenden Filtrates war bei den Konzentrationen von 100 mg, 10 mg und 1 mg pro 1 l Wasser annähernd die gleiche. Krüger konnte bei seinen Versuchen an *Corethra plumicornis*-Larven ähnliche Ergebnisse erzielen. Er schließt daraus eine „minimale" Löslichkeit der Pyrethrine in Wasser und kommt zu der Folgerung, daß „auch beim Vorhandensein von sehr wenig Insektenpulver das Pyrethrin immer noch in gesättigter Lösung vorliegt" und daß „bei der Anwesenheit von sehr viel Insektenpulver das Wasser keine größeren Mengen dieses Giftes lösen" kann.

Aus den oben geschilderten Versuchsergebnissen mit Insektenpulversuspensionen in Wasser geht hervor, daß die wirksamen Bestandteile des Pyrethrum-Insektenpulvers, die Pyrethrine, im Tierversuch noch in unwägbar kleinen Dosen zur Wirkung kommen. Gleichzeitig tauchte bei mir die Frage nach der Löslichkeit der Pyrethrine in Wasser auf. Ich setzte es mir daher zur Aufgabe, nach Möglichkeit festzustellen, in welcher Form

die Pyrethrine in dem Wasser gelöst sind, d. h. ob es sich um eine echte Lösung der Pyrethrine in Wasser handelt, oder ob sie nur in kolloidaler Form im Wasser vorhanden sind.

3. Versuche zur Feststellung der Teilchengröße der wirksamen Substanz in wäßrigen Pyrethrum-Pulver-Suspensionen.

Um die Wasserlöslichkeit der Pyrethrine zu zeigen, versuchte ich durch Filtrationen der Pyrethrum-Insektenpulversuspensionen annähernd die Teilchengröße der wirksamen Substanz festzustellen.

Gewöhnliche quantitative Filter können infolge ihrer Porenweite nur grobe Teilchen zurückhalten, die einen Durchmesser bis ungefähr 1 my als untere Grenze haben. Es war daher naheliegend, durch Anwendung von Filtern mit feineren Poren auch die Abtrennung der Kolloide aus ihrem Dispersionsmittel, in diesem Falle also dem Wasser, zu erzwingen. Zu diesem Zweck mußten geeignete Filterkörper mit den verschiedensten Porenweiten gefunden werden. Solche Filter stehen uns in den Ultrafiltern zur Verfügung. Ich verwendete für meine Versuche zunächst die sogenannten Spontan-Ultrafilter Wo. Ostwalds. Die Herstellung dieser „Spontan-Ultrafilter" ist verhältnismäßig einfach und gestaltet sich nach Wo. Ostwalds Vorschriften folgendermaßen:

„Ein gewöhnliches, glattes Filtrierpapier wird in einem sauberen Trichter dicht angelegt, mit heißem Wasser ausgiebig befeuchtet, das tropfbar vorhandene Wasser durch Ausschwenken usw. entfernt. Von einer gewöhnlichen pharmazeutischen (4prozent.) Kollodiumlösung, die ebenfalls vorsichtig erwärmt wird, werden 20—30 ccm in das nasse Filter gegossen. Durch möglichst schnelles Drehen des Trichters wird eine erste Kollodiumschicht, die sogenannte Schwammschicht, auf dem Papier hergestellt. Man beachte, daß das Kollodium nur einmal über die Filterfläche läuft, da sonst überflüssig dicke, infolgedessen langsam filtrierende Schichten entstehen. Das überflüssige Kollodium wird sorgfältigst ausgegossen; es darf in der Spitze des Filters kein Tropfen zurückbleiben. Man läßt es 5—10 Minuten an der Luft trocknen, wobei man das steif gewordene Filter vorübergehend aus dem Filter herausnimmt. Mit der gleichen (angewärmten) Kollodiumlösung wird sodann ein zweites Mal das Filter ausgeschwenkt (zweite Schicht), wiederum ist sorgfältiges Auslaufen des überschüssigen Kollodiums zu beachten. Nach 5—10 Minuten Trocknen an der Luft wird das Filter in destilliertes Wasser untergetaucht, nach 20 bis 30 Minuten ist es gebrauchsfähig. Vor dem Gebrauch empfiehlt es sich, die Filter einmal mit destilliertem Wasser auszuwaschen, um feinste Trübungen von koaguliertem Kollodium zu entfernen. Die Filter sind sehr dauerhaft und können wiederholt benutzt werden."

Wie alle ohne Zusätze hergestellten Kollodiumfilter müssen auch die Spontanfilter naß aufbewahrt werden.

Filtriert wurde mit dem Filtrationsgerät nach Zsigmondy, ein Porzellan-Ultrafiltrationsgerät, das aus drei Teilen, dem Trichter, der Siebplatte und dem Aufsatzteil besteht. Alle drei Bestandteile sind so aufeinander eingeschliffen, daß sie flüssigkeitsdicht mit kleinen Klemmschrauben aufeinandergepreßt werden können. Bei der Verwendung von Siebplatten erfolgt die Ultrafiltration nur an denjenigen Stellen des Filters, die unmittelbar über den Sieblöchern liegen. Bei der Ultrafiltration stark gefärbter Kolloide

zeichnen sich auf dem Filter diese Stellen in der Regel in Form deutlicher Punkte ab, entsprechend der Zahl der Sieblöcher.

Bei der Herstellung der Spontan-Ultrafilter nach Wo. Ostwald hat man mehrere Möglichkeiten die Durchgangsgröße zu variieren. Die geeignetste Maßnahme zur Änderung der Porengröße der Ultrafilter ist die Variation der Trocknungszeiten. Sind die Pausen zwischen dem Guß und der Koagulation des Geles kurz, so bekommt man durchlässigere Ultrafilter, als wenn man längere Zeit wartet. Taucht man das Kollodiumfilter ganz kurz nach dem Guß in das Wasser ein, so wird es trübe und durchlässig. Gänzlich wasserdicht wird das Kollodiumhäutchen bei vollständigem Verdunsten des Äthers.

Die von mir nach den Vorschriften Wo. Ostwalds selbst angefertigten Ultrafilter wurden mit kolloidalen Farbstoffen, die Wo. Ostwald vorgeschlagen hatte, geeicht. Als besonders zweckmäßig erwies sich dabei der Farbstoff „Kongorot", da er keine nachweisbare molekulardisperse Phase in wäßriger Lösung zeigte. Bei undichtem Filter zeigt sich der Farbstoff in kleinen roten Pünktchen und Flecken, entsprechend den Löchern der Siebplatte, auf der Rückseite des Ultrafilters.

Es ist durchaus nötig, jedes Ultrafilter vor dem Gebrauch zu eichen, auch wenn es vorher schon mit Erfolg benutzt worden ist. Man erspart sich dadurch viele Fehlanalysen, wenn man das Filter in den Trichter oder Filtrationsapparat eingespannt prüft und nach gutem Ausfall der Eichung vor allem an den Filtrationsapparat nichts mehr ändert, da man nie wissen kann, ob nicht durch stärkeres Anziehen der Schrauben oder durch das Herausnehmen des Filters aus dem Trichter Risse erzeugt werden können, die dann zu Irrtümern Veranlassung geben könnten.

Wenn man sagen kann, daß das betreffende Filter kongorotdicht war, dann lassen sich zum mindesten greifbare Vorstellungen von der Porengröße machen.

Im allgemeinen schwanken die Größen der Farbstoffmoleküle auch sehr stark.

a) Versuche mit selbstangefertigten Ultrafiltern.

Zur Ausführung der im nachstehendem beschriebenen Versuche mit quantitativen Filtern und selbsthergestellten Ultrafiltern wurde eine Pyrethrum-Insektenpulver-Suspension von 100 mg auf 1 l Wasser hergestellt. Es war also das Insektenpulver in dieser Aufschwemmung in dem Mengenverhältnis 1 : 10 000 in dem Wasser vorhanden und die wirksamen Bestandteile, die Pyrethrine, in dem Verhältnis 1 : 50 000 000.

Die Pyrethrum-Insektenpulversuspension wurde zuerst durch einen einfachen, glatten quantitativen Filter filtriert, um zunächst alle grobdispersen Partikelchen zurückzuhalten. Das auf diese Weise entstandene Filtrat a war in der Durchsicht vollkommen klar und stark gelb gefärbt. Es wirkte sofort auf die als Testtiere eingesetzten Wasserasseln vergiftend ein. Die Erregungs- und Excitationsstadien traten bereits nach einer halben bis 1 Minute nach dem Einsetzen der Asseln in das Filtrat auf und

führten nach wenigen Minnten zur völligen Lähmung. Das Filtrat a wurde dann durch einen nach der oben beschriebenen Methode Wo. Ostwalds selbst hergestellten Ultrafilter, der vorher durch eine Kongorotlösung geeicht worden war und sich als kongorotdicht erwiesen hatte, filtriert, und zwar mittels eines gewöhnlichen Filtriertrichters. Das langsam sich ansammelnde Filtrat b war klar und fast farblos. Eine vergiftende Wirkung dieses Filtrates auf *Asellus aquaticus* war, bis auf geringe Lähmungserscheinungen, die bei einigen Tieren nach längerer Zeit auftraten, kaum noch vorhanden. Die Versuche wurden mehrere Male wiederholt, und es zeigte sich, daß das Filtrat immer dasselbe Resultat auf *Asellus aquaticus* ausübte.

Die oben gefundenen Versuchsergebnisse lassen in einwandfreier Weise erkennen, daß die wirksamen Substanzen der Pyrethruminsektenpulver, die Pyrethrine, im Wasser nicht in echter Lösung vorhanden sein können, sondern nur in kolloidaler Form gelöst vorkommen, denn die wirksamen Teilchen werden von den kongorotdichten Ultrafiltern zum allergrößten Teil zurückgehalten, während z. B. Eosin, das mit dem Wasser eine echte Lösung eingeht, das Filter ohne weiteres passierte. Eosin gehört bekanntlich zu den molekulardispersen Systemen, die kein Ultrabild mehr liefern, also Teilchen unter 0,001 my haben (echte Lösung).

Nach der Feststellung, daß die wirksamen Bestandteile der Pyrethrum-Insektenpulver, die Pyrethrine, im Wasser in kolloidaler Form gelöst sind, versuchte ich durch Anwendung der verschiedensten Ultrafilter die Teilchengröße der kolloidal gelösten Pyrethrine wenigstens annähernd festzustellen. Eine Eichung der selbst angefertigten Ultrafilter auf verschiedene Porengrößen stieß auf allzu große Schwierigkeiten. Ich ließ mir daher von der Membranfilter G. m. b. H., Göttingen, geeichte Ultrafilter mit den maximalen Porengrößen 0,5 my, 0,3 my und 0,1 my, ferner benzopurpurindichte Filter mit einer maximalen Porenweite von etwa 0,05 my und kongorotdichte Ultrafeinfilter mit einer maximalen Porenweite, die ungefähr zwischen 0,01 my und 0,005 my schwankte, schicken.

b) Versuche mit den geeichten Ultrafiltern der Membranfilter G. m. b. H.

Als Ausgangspunkt für die nachfolgenden Versuche verwandte ich wiederum eine Insektenpulversuspension von 100 mg Insektenpulver auf 1 l Wasser. Die Aufschwemmung wurde zunächst zur Befreiung von allen groben Partikelchen durch einen gewöhnlichen quantitativen Filter (Nr. 590 von Schleicher und Schüll) filtriert. Das Filtrat war an und für sich im durchscheinendem Lichte vollkommen klar, stark gelb gefärbt und wirkte sofort auf die als Testtiere verwandten Wasserasseln vergiftend ein (Filtrat 1). Dieses Filtrat 1 wurde mittels des Zsigmondyschen Filtrationsapparates unter Druck durch den Ultrafilter mit der Porenweite 0,5 my filtriert. Um zu verhindern, daß das Ultrafilter an denjenigen Stellen, wo es den Löchern der Siebplatte direkt auflag, durch die starke Saugwirkung ver-

letzt wurde, legte ich zwischen Siebplatte und Ultrafilter noch ein gewöhnliches quantitatives Filter, wie ich es bei der ersten Filtration der Suspension verwandt hatte.

Das entstehende hellgelbe Filtrat 2 war vollkommen klar und hatte volle Wirkung gegenüber den eingesetzten Asseln, unterschied sich also in seiner Wirkung nicht von dem Filtrat 1. Das zwischen Ultrafilter und der Siebplatte eingelegte quantitative Filter war ebenfalls gelblich geworden, und zwar vor allem in der Umgebung der Sieblöcher der Filterplatte. Es müssen demnach gewisse Mengen der filtrierten wirksamen Substanz durch die Adsorptionswirkung des Papierfilters zurückgehalten worden sein. Um diese Annahme sicher beweisen zu können, trocknete ich zunächst den quantitativen Filter gründlichst, zerrieb ihn darauf in Äther und filtrierte den entstehenden Filter-Ätherbrei durch einen gewöhnlichen Papierfilter. Das klare Filtrat ließ ich verdampfen, und dann wurde der kaum sichtbare Rückstand mit Wasser gut ausgespült. Die auf diese Weise entstehende Lösung wirkte ebenfalls auf eingesetzte Wasserasseln vergiftend ein. Die ersten Erregungsstadien traten allerdings nach wesentlich längerer Zeit auf als bei den Filtraten 1 und 2. Es war damit bewiesen, daß geringe Mengen der wirksamen Substanz durch das Adsorptionsvermögen des Papierfilters zurückgehalten worden waren.

Die mit dem Ultrafilter 0,5 my angestellten Versuche lassen erkennen, daß die Teilchengröße der Pyrethrine in einer wässerigen Aufschwemmung noch weit unter 0,5 my liegen muß.

In einer zweiten Versuchsreihe wurde das Filtrat 1 durch den geeichten Ultrafilter 0,3 my filtriert. Das langsam entstehende Filtrat 3 unterschied sich weder in Färbung noch Klarheit von dem Filtrat 2 des Ultrafilters 0,5 my. Die vergiftende Wirkung auf Wasserasseln trat ebenso schnell ein wie in der vorigen Versuchsreihe mit dem Ultrafilter 0,5 my, d. h. bereits nach 1—2 Minuten traten die ersten Excitationsstadien bei den Asseln auf. Nach 3—4 Minuten waren alle eingesetzten Wasserasseln vollkommen gelähmt. Auch unter dem Ultrafilter 0,3 my war zum Schutze des Filters zwischen Siebplatte des Filtrationsgerätes und Ultrafilter ein gewöhnliches Papierfilter eingeschaltet worden, das während des Filtrationsprozesses wieder einen kleinen Teil der wirksamen Substanz durch seine Adsorptionswirkung abgefangen hatte. Zum Nachweis dieser zurückgehaltenen adsorbierten wirksamen Substanz wurde das Papierfilter wie in der ersten Versuchsreihe nach dem Trocknen mit Äther zerrieben, dann das Gemisch filtriert, das Filtrat verdampft und der Rückstand mit Wasser aufgelöst. Die Lösung übte ebenfalls eine vergiftende Wirkung auf eingesetzte Asseln aus. Die Excitationsstadien traten aber wesentlich langsamer ein als bei dem Filtrat 3. Es sind also auch bei dem Filtrationsprozeß mit dem Ultrafilter 0,3 my geringe Mengen der wirksamen Bestandteile einer wässerigen Pyrethrum-Insektenpulveraufschwemmung von dem Papierfilter zurückgehalten worden.

Die Versuchsergebnisse zeigen an, daß auch ein Ultrafilter mit der maximalen Porenweite 0,3 my in einer wäßrigen Pyrethrumpulveraufschwemmung die wirksamen Bestandteile des Pulvers nicht zurückhalten kann. Die Teilchengröße der Pyrethrinkolloide ist also nach diesen Versuchen noch kleiner als 0,3 my.

Es wurde nun in einer dritten Versuchsreihe das Filtrat 1 durch einen Ultrafilter mit einer maximalen Porenweite von 0,1 my hindurchgesaugt. Das Filtrat 4, das im Vergleich zu den Filtraten 2 und 3 sehr langsam sich ansammelte, war in Farbe und Klarheit den Filtraten der Ultrafilter 0,3 und 0,5 my gleich. Die Wirksamkeitsprüfung des Filtrates 4 an Asellus aquaticus ergab eine etwas geringere Vergiftung als bei den Filtraten 2 und 3. Die ersten Erregungsstadien waren erst nach 4 bis 5 Minuten festzustellen. Nach 10 Minuten waren die Asseln zu 100% gelähmt. Wenn auch die vergiftende Wirkung des Filtrates 4 langsamer eintrat als bei den Filtraten 2 und 3, so war die Wirkung doch immerhin noch stark genug und trat verhältnismäßig schnell ein. Das quantitative Schutzfilter war wiederum etwas gelblich angefärbt, ein Anzeichen dafür, daß immer noch geringe Mengen der wirksamen Substanz zurückgehalten werden. Die Prüfung nach der schon oben beschriebenen Weise ergab die Richtigkeit dieser Annahme. Allerdings zeigte sich die vergiftende Wirkung des gelösten Rückstandes nach wesentlich längerer Zeit als in den ersten Versuchsreihen, d. h. die ersten Erregungsstadien der Wasserasseln waren erst nach 18 bis 24 Stunden festzustellen. Das quantitative Filter hatte also bei den Filtrationsversuchen mit dem Ultrafilter 0,1 my nur sehr geringe Mengen der wirksamen Substanz zurückgehalten. Vielleicht läßt sich diese Tatsache dadurch erklären, daß die enge Porenweite des Ultrafilters 0,1 my die wirksamen Teilchen nur noch im beschränkten Maße durchgelassen hatte.

Das Ergebnis dieser dritten Versuchsreihe ist in der Tatsache zu suchen, daß selbst Membranfilter mit einer maximalen Porenweite von 0,1 my immer noch wirksame Substanzen einer wäßrigen Pyrethrum-Insektenpulversuspension hindurchlassen. Die Kolloide der „Pyrethrine" liegen also zum wesentlichsten Teil noch unter einer Größe von 0,1 my.

Die Teilchengröße der wirksamen Substanz, die nach den bisherigen Versuchen noch unter einer Porenweite von 0,1 my liegen müssen, ist also nach den gebräuchlichen Abgrenzungen nicht als grobdispers anzusprechen, sondern die Teilchen sind bereits von kolloidaler Größe, denn alle Teilchen zwischen 0,1 my und 0,001 my sind als kolloidal zu bezeichnen. Es war nun weiter zu untersuchen, ob die Teilchen als grobkolloidale bei einem Durchmesser von 0,1 my bis 0,01 my oder als hochkolloidale bei einem Teilchendurchmesser von etwa 0,01 my bis 0,001 my anzusprechen sind. Die für diese Versuche benutzten Mem-

branfilter der Membranfilter G. m b. H., Göttingen, waren als benzopurpurindichte Filter mit einer maximalen Porenweite von etwa 50 mymy (0,05 my) und als kongorotdichte Membranfilter mit einer Porenweite, die zwischen 10 und 5 mymy (0,01 bis 0,005 my) schwankte, geeicht worden.

In der nun folgenden vierten Versuchsreihe wurde das Filtrat 1 (siehe oben) einer Pyrethrum-Insektenpulveraufschwemmung von 100 mg/l Wasser durch einen benzopurpurindichten Ultrafeinfilter mittels des Filtrationsapparates nach Zsigmondy unter Druck filtriert. Zum Schutze des sehr empfindlichen Membranfilters legte ich, wie in den ersten Versuchsreihen, zwischen Membranfilter und Siebplatte des Filterapparates einen gewöhnlichen Papierfilter für quantitative Zwecke. Der Filtrierungsprozeß ging nur sehr langsam vor sich, und es waren mehrere Stunden notwendig, um genügende Mengen des Filtrates für die anschließenden Versuche zu erhalten. Das entstandene Filtrat 5 war in der Farbe heller als die Filtrate 2 bis 4. Die vergiftende Wirkung des Filtrates 5 trat an den eingesetzten Wasserasseln wesentlich langsamer ein als bei den Versuchsreihen 1—3. Die ersten Erregungsstadien stellten sich nach 8 bis 10 Minuten ein und führten erst nach einer Zeit von 20 bis 30 Minuten zur vollständigen Lähmung der Asseln. Der Ätherrückstand des quantitativen Zwischenfilters wurde ebenfalls wieder auf seine Wirksamkeit gegenüber den Wasserasseln untersucht. Allerdings zeigte sich der in Wasser aufgelöste Verdampfungsrückstand des Filter-Ätherextraktes kaum noch wirksam. Nach 24 Stunden lebten immerhin noch rund 30% der eingesetzten Wasserasseln. Die geringe vergiftende Wirkung dieser Lösung war insofern vorauszusehen, als nämlich das Papierfilter schon äußerlich kaum irgendwelche Gelbfärbung anzeigte, wie es in den ersten Versuchsreihen der Fall gewesen war; ein Anzeichen dafür, daß nennenswerte wirksame Bestandteile der Insektenpulveraufschwemmung, die das Ultrafilter passiert hatten, von dem Zwischenfilter nicht adsorbiert worden sind. Die ebenfalls festgestellte geringere Wirksamkeit des Filtrates 5 läßt erkennen, daß bereits ein großer Teil der wirksamen kolloidalen Pyrethrine nicht mehr das Filter hat passieren können. Immerhin ist aber noch die Teilchengröße der weitaus größten Menge der wirksamen Substanz, die in der Insektenpulversuspension enthalten ist, kleiner als 0,05 my (50 mymy). Man kann demnach nach den Versuchen mit einem benzopurpurindichten Filter sagen, daß die gelösten wirksamen Bestandteile des Pyrethrum-Insektenpulvers, die Pyrethrine, in einer wäßrigen Suspension zu den grobkolloidalen Teilchen gehören müssen bezw. noch unter ihnen stehen.

Da die bisherigen Versuche gezeigt hatten, daß mit zunehmender Verkleinerung der Porenweite die Wirksamkeit des Filtrates abnahm und daß bereits ein benzopurpurindichter Ultrafeinfilter einen erheblichen Teil der wirksamen Bestandteile zurückzuhalten in der Lage ist, war vorauszusehen, daß bei Anwendung kongorotdichter Membranfilter, die eine maximale

Porengröße von etwa 10 bis 5 mymy oder 0,01 my bis 0,005 my haben, das Filtrat kaum noch vergiftend wirken durfte. Die auf S. 141 geschilderten Vorversuche mit den von mir selbst hergestellten Ultrafeinfiltern, die kongorotdicht waren, hatten dies bereits bestätigt.

Der Filtrierungsprozeß ging, infolge der Dichte des kongorotdichten Membranfilters, noch langsamer vor sich, als bei den benzopurpurindichten Ultrafeinfiltern. Das erst nach 6 bis 8 Stunden sich in genügender Menge in dem Kolben ansammelnde Filtrat 6 war nur sehr schwach gelblich gefärbt und vollkommen klar. Eine vergiftende Wirkung des Filtrates trat auf eingesetzte Wasserasseln zunächst nicht ein. Erst nach längerer Zeit, nach 4 bis 7 Stunden, zeigten sich bei einem kleinen Teil der im Versuch befindlichen Asseln beginnende Excitationsstadien, die aber nicht mehr zur endgültigen Lähmung führten. Die Tiere erholten sich wieder und blieben vollkommen lebensfähig.

Das zum Schutze des sehr empfindlichen kongorotdichten Ultrafeinfilters untergelegte quantitative Filter wurde, trotzdem es nicht die geringste Gelbfärbung aufwies, nach der oben beschriebenen Methode weiter behandelt. Der in Wasser aufgelöste Ätherrückstand dieses Filters zeigte auch nach 24 Stunden keinerlei Wirkung an den Wasserasseln. Das Schutzfilter hat demnach keine wirksamen Teilchen adsorbieren können.

4. Die wäßrige Pyrethrum-Insektenpulveraufschwemmung keine echte Lösung.

Die Versuchsergebnisse mit den geeichten kongorotdichten Ultrafeinfiltern der Membranfilter G. m. b. H., Göttingen, zeigten deutlich, daß hier die Grenze der Wirksamkeit des Filtrates erreicht worden ist. Die wirksamen Teilchen einer wäßrigen Pyrethrum-Insektenpulveraufschwemmung sind, wie ich schon oben feststellte, im Wasser nicht echt gelöst, sondern kolloidal, mit einer bestimmten Teilchengröße. In der Voraussetzung, daß die kongorotdichten Membranfilter eine maximale Porenweite von 5 bis 10 mymy (0,01 bis 0,005 my) haben, muß demnach die Teilchengröße der wirksamen Substanz, also der Pyrethrine, auch in diesen Grenzen liegen. Da immerhin die kongorotdichten Ultrafeinfilter noch ganz geringe Mengen der wirksamen Substanz hindurchzulassen scheinen, möchte ich annehmen, daß die Teilchengröße der im Wasser in kolloidaler Form gelösten Pyrethrine zwischen 10 und 1 mymy oder zwischen 0,01 und 0,001 my schwankt. Die Pyrethrine sind demnach im Wasser in hochkolloidalen Zerteilungen vorhanden und befinden sich nahezu an der Grenze zwischen kolloidalem und molekularem Zustand.

Für die Praxis ergibt sich aus diesen Feststellungen die Schlußfolgerung, daß z. B. bei der Bekämpfung von Chironomiden- und Stechmückenlarven in Hallen- und Sommerbädern, sowie bei der Bekämpfung

der sehr häufig in Wasserversorgungsanlagen ebenfalls auftretenden Wasserasseln mit Pyrethrum-Insektenpulvern nicht nur geringste Mengen — für Asseln etwa 2 mg pro 1 l Wasser, für Chironomiden- und Stechmückenlarven ca. 3 bis 4 mg/l — zur Vernichtung dieser lästigen Tiere ausreichen, sondern daß auch die Anwendung des Insektenpulvers keine Verschmutzung des Bade- und Trinkwassers nach sich zieht. Das Pyrethrum-Insektenpulver braucht ja zur Bekämpfung der oben genannten Tiere nicht auf die Wasseroberfläche aufgeschüttet zu werden, sondern es genügt vollkommen das Eingießen eines Filtrates (Tuchfilter) der vorher mit Wasser zu einer breiig-flüssigen Masse angerührten Pyrethrum-Insektenpulversuspension in die betreffenden Anlagen.

Die Versuche über die Teilchengröße der wirksamen Substanz von wäßrigen Pyrethrum-Insektenpulver-Aufschwemmungen werden im Zusammenhang mit anderen Fragestellungen und Tierversuchen fortgesetzt.

Literatur.

1. Buchmann, W., Über Zusammensetzung, Eigenschaften und Wirksamkeit von Pyrethrum-Insektenpulvern. Der praktische Desinfektor Jahrg. 20, 153—155, 1928.
2. — — Weitere Untersuchungen über die Wirkung von Pyrethrumpulvern auf die Muscidenbrut. Zeitschr. f. Desinfektion Jahrg. 21, 14—16 und 37—39, 1929.
3. — — Die von der Preußischen Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene geprüften und als geeignet befundenen Pyrethrum-Insektenpulver zur Bekämpfung der Gesundheitsschädlinge. Zeitschr. f. Desinfektion Jahrg. 21, 213—216, 1929.
4. — — Untersuchungen über die physiologische Wirkung von Pyrethrum-Insektenpulvern auf Fliegenlarven. Zeitschr. f. Desinfektion Jahrg. 21, 72—76, 1929.
5. — — Versuche zur quantitativen Wertbestimmung von Pyrethrum-Insektenpulvern durch den physiologischen Tierversuch. Zeitschr. f. Desinfektion u. Gesundheitswesen Jahrg. 22, 414—418, 1930.
6. — — Chironomidenschäden bei dem Belebt-Schlamm-Verfahren und ihre Verhütung und Behebung mit chemischen Mitteln. Zeitschr. f. Gesundheitstechnik u. Städtehygiene Jahrg. 24, 31—38 und 83—102, 1932.
7. Chevalier, J., et Mercier, T. (Giftigkeit der Insektenpulverblüten). Bull. Scienc. pharmac. Bd. 30, 459 und Compt. rend. de l'Acad. des sciences 176, 1847—48, 1923.
8. Costa, Domenice (Untersuchungen über Insektenpulver). Giorn. di. chim. ind. et appl. 4, 251—253, 1922.
9. Dal Sie, G. (Über den wirksamen Bestandteil des Insektenpulvers). Bull. soc. chim., T. 31, 541—543, 1879 (Jahresbericht f. Pharmaz. 92, 1879), 1879.
10. Fujitani, J., Beiträge zur Chemie und Pharmakologie des Insektenpulvers. Arch. f. experim. Pathol. u. Pharm. Bd. 61, 47—75, 1909.
11. Hahn, Fr. V. v., Dispersoidanalyse. Handbuch der Kolloidwissenschaft Bd. 3, Dresden und Leipzig, Verlag Steinkopff, 1928.
12. Hirschsohn. Beobachtungen über den wirksamen Bestandteil des Insektenpulvers. Pharm. Zeitschr. f. Rußland 29, 209—213, 1890.
13. Krüger, Fr., Untersuchungen über die Giftwirkung von dalmatischem Insektenpulver auf die Larven von *Corethra plumicornis*. Zeitschr. f. ang. Ent. Bd. 18, 344—353, 1931.
14. Kunike, G., Versuche zur Bekämpfung von Fliegenimagines mit Insektenpulver und ähnlichen Stoffen. Desinfektion Jahrg. 11, 90—94, 1926.

15. Saling, Th., Über das wirksame Prinzip von Pyrethrum-Insektenpulvern und eine neue biologische Methodik ihrer Wertbestimmung. Zeitschr. f. Desinfektion u. Gesundheitswesen Jahrg. 20, 33—42, 1928 (daselbst weitere Literatur).
16. Saling, Th., und Buchmann, W., Zur Wirkungsweise der Pyrethrum-Insektenpulver. Kleine Mitteilungen d. Pr. Landesanst. f. Wasser-, Boden- u. Lufthygiene Jahrg 7, Nr. 9/11, 252—258, 1931.
17. Siedler, P., Über Chrysanthemum cin. Bericht d. Dtsch. Pharm. Gesellsch. 25, 287—302, 1916.
18. Staudinger, H., und Ruzicka, L., Insektentötende Stoffe I—V. *Helvetica chemica acta* 7, 177—245, 1924.
19. — — Insektentötende Stoffe VI—X. *Helvetica chemica acta* 7, 377—458, 1924.

The Method of Survival of Bacteria in the Puparia of the Seed-Corn Maggot (Hylemyia Cilicrura Rond.).[1]

By

J. G. Leach.[2]

(With 9 Figures.)

Introduction.

In previous papers the writer (9, 10), Bonde (2, 3) and Johnson (8) have demonstrated the important role played by dipterous insects in the spread and development of the bacterial soft rots of plants. It has been shown that a symbiotic relationship exists between the insects and certain bacteria among which the soft rot pathogens are frequently found. The bacteria are constantly associated with the insects in all stages of development except the egg and appear to function as an aid to digestion. In a recent paper the writer (11) has reported the results of a study dealing with the histological relationships between the seed-corn maggot and its bacterial symbiotes. Many kinds of bacteria were found to pass uninjured through the intestinal tract of the larve, while in the imago only certain rod-shaped forms seemed to survive. Although it had been proved conclusively by cultural methods that certain bacteria always survive in the puparium and emerge with the imago, efforts to trace them through this stage of metamorphosis by histological methods were unsuccessful. Because of the fundamental importance of this phenomenon efforts to determine the method of survival in the puparium have been continued, with somewhat more successful results.

---

[1]) Paper No. 1120 of the Journal Series of the Minnesota Agricultural Experiment Station. Cooperative investigations between the Division of Plant Pathology and Botany and the Division of Entomology and Economic Zoology. Supported in part by a grant from the research funds of the Graduate School of the University of Minnesota.

[2]) The writer wishes to express his appreciation to Dr. A. A. Granovsky of the Division of Entomology and Economic Zoology for his generous cooperation in examining the slides and aiding in interpreting the histological structures revealed in them. He also expresses his appreciation to Miss Vera Koerper for her able assistance in the preparation of the slides and for making the drawings.

In a consideration of the problem of insect dissemination of plant pathogens the fact that microorganisms may survive in the puparium and emerge in a viable condition in the body of the adult insect would seem to be one of more than ordinary interest. In the puparium all of the organs of the larva are destroyed by histolysis and out of the products of histolysis new organs of an imago totally unlike the larva are formed. That bacteria are able to survive during these extreme changes, without interfering with the normal processes of metamorphosis is remarkable to say the least. From the viewpoint of the dissemination of plant pathogens the survival of bacteria in the puparium is of far-reaching signifiance. The emergence of the imago from the puparium marks the beginning of a new brood of flies. The presence of the pathogen in the body of the insect at the time of emergence, making recontamination unnecessary, would greatly increase its efficiency as an agent of dissemination. Moreover many insects survive the winter and other unfavorable conditions in the puparium, thus providing what may be an important method of survival of the pathogen. If this phenomenon should prove to be of general occurrence among plant feeding insects, it would be one deserving thorough investigation from the standpoint of its relation to the epiphytology of many plant diseases.

According to Riley and Johannsen (14), Celli, as early as 1888, proved that *Bacillus typhosus* fed to maggots would survive in the puparium and could be insolated from the intestinal tract of the imago. Cao (4), in 1905 and 1906, working with *Musca domestica* Linn., *Calliophora vomitatia* Linn., *Lucilia caesar* Linn. and *Sarcophaga carnaria* Linn. proved that larvae of these flies could take up and pass through their intestines any bacteria occurring in the food, and that some of them persisted through metamorphosis and were deposited in the feces of the imago.

Although these facts have been verified and extended by several workers, Ledingham (12), Bacot (1), Graham-Smith (6), Glaser (5), and others, very little effort has been made to determine how and in what tissues or organs the bacteria are able to survive during metamorphosis. Glaser (5), in 1923, dissected out the intestinal tract of freshly emerged house flies and demonstrated the presence of bacteria in them before the flies had had an opportunity to feed. He also observed bacterial growth from the tracheal openings of surface-sterilized puparia and concluded that "during pupation bacteria become lodged in the upper air passages". He did not, however, make any histological studies.

Petri (13), in his study of *Dacus oleae* Gmelin and its symbiotic bacteria, demonstrated that the bacteria survived in the puparia and attempted to trace them through this stage of metamorphosis. In the larva the bacteria were found in four "blind sacks" arising from the anterior portion of the mid-intestine. At the beginning of pupation these bacteria were forced into the lumen of the mid-intestine and most of them where

passed out with the remains of the food material. Some of them remained, however, and by the contraction of the mid-intestine were forced forward into the fore-intestine, where they apparently remained throughout histogenesis, although for a considerable period he was unable to demonstrate their presence. They always reappeared just before emergence in a special sack opening off the esophagus and lying in the head cavity. After emergence the bacteria again passed into the intestinal tract.

Petri's work with the olive fly has been verified by Stammer (16), who also studied the survival of bacteria in the puparia of *Tephritis conura* Leow. In this species no special sack was found in the head of the imago, and Stammer concludes that the bacteria probably survive in the mid-intestine, although for a period during histolysis he was unable to demonstrate their presence.

Methods.

Larvae of the seed-corn maggot were reared in decaying potato tubers covered mith moist soil in a glass jar. Maggots in progressive stages of metamorphosis were killed and fixed in Dietrich's solution. Each specimen was pricked lightly with a sharp needle before it was put in the killing solution. The penetration of the fixing solution was aided by subjecting the specimens to a high vacuum several times during a period of 48 hours. All specimens wich did not sink to the bottom of the vial were discarded. The specimens were then washed in 35 per cent alcohol, dehydrated and cleared in the usual alcohol and xylol series and imbedded in paraffin. Some of the specimens were treated in Diaphanol after fixing, in an effort to soften the hard and brittle puparium, but the method did not yield satisfactory preparations. Although the puparium was somewhat softened, the specimens did not stain well and a troublesome precipitate was present throughout the specimen.

The puparia were cut in longitudinal sections eight to twelve microns in thickness and were stained in carbol fuchsin and picric acid, following the procedure given by Hertig and Wolbach (7). By this method the bacteria were stained a bluish purple while the host tissues were stained a bright red. No successful method of overcoming the brittleness of the puparium was found and in most of the sections this outer membrance was rather badly broken. This caused some difficulty in the study of the structures immediately inside the puparium, but by examination of a rather large number of sections a fairly accurate picture could be obtained.

General Features of Metamorphosis.

Apparently no one has ever described in detail the histological changes taking place within the puparium of the seed-corn maggot during metamorphosis, although much has been published on the blow fly and other more or less closely related insects. In 1924 Snodgrass (15) published

his excellent description of the anatomy und metamorphosis of the apple maggot, *Rhagoletis pomenella* Walsh. Since the apple maggot is rather closely related to the seed-corn maggot, this work has been used as a guide in interpreting the phenomena observed in this study of the seed-corn maggot. Obviously no attempt has been made to study all phases of metamorphosis in detail. All efforts have been focused on following the course of the bacteria through the complicated changes that take place from the time of pupation to the emergence of the imago. Insofar as the writer's observations go, the histological transformations occuring during the metamorphosis of the seed-corn maggot correspond in general with those described by Snodgrass for the apple maggot.

The first indication of pupation on the part of the seed-corn maggot is a shortening of the body, due partly to an involution of the various

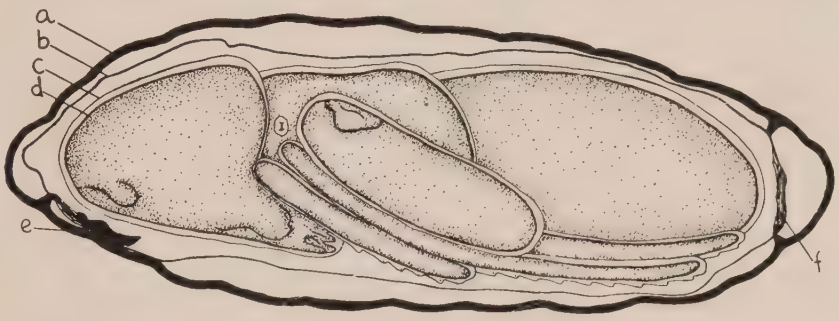


Fig. 1. A semi-diagramatic sketch of a pupa of the seed-corn maggot showing the three separate cuticles which surround it. *a* Puparium; *b* Prepupal cuticle; *c* Pupal cuticle; *d* Pupa; *e* Extruded pharyngeal skeleton of the larva; *f* Extruded lining of hind-intestine. Approx. 36 ×.

segments, especially the anterior ones, and partly to a shrinking and hardening of the cuticle. Coincident with these changes the cuticle begins to turn yellow, gradually changing into a deep brown as pupation proceeds. As pointed out by Snodgrass, this change has been considered by many workers as the last molt preceding the formation of the pupa, but in reality the formation of the puparium gives rise not to the pupa but to a fourth-instar larva. This is a very important fact in considering the survival of the bacteria, as will be pointed out later. This fourth-instar or prepupal larva has a colorless transparent cuticle of its own, but it shows no trace of previous larval segmentations. (Fig. 1.) It soon separates from the pupa which forms within it and remains as a transparent capsule enclosing the pupa until the imago emerges.

The intestinal tract of the larva is divided into three main parts: the fore-intestine, the mid-intestine and the hind-intestine. The fore-intestine and the hind-intestine are of ectodermal origin and are formed by an invagination of the ectoderm. The lining of these organs are consequently cast out along with their contents when the active larva molts.

Upon the formation of the prepupal or fourth-instar larva they are shed, usually before the pupa has attained its final form; and from this time until the imago emerges they lie closely appressed to the inside of the prepupal cuticle. (Fig. 1.)

The mid-intestine, on the other hand, is of entodermal origin and is not shed during the molting process. During histolysis, however, the

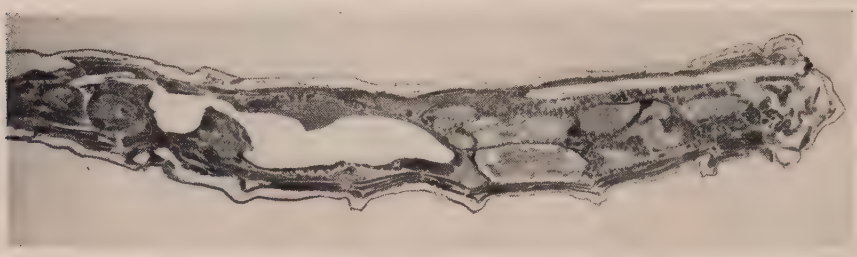


Fig. 2. Photo-micrograph of a longitudinal section of a larva killed while actively feeding. The intestinal tract is widely distended and filled with a semiliquid mass of food and bacteria. Approx. 16×.

epithelium of the mid-intestine is sluffed off into the lumen. Here it disintegrates and fuses with any undigested food material to form an amorphous mass. The imaginal intestine is regenerated from a few regenerative cells that are not affected by histolysis. The new epithelium apparantly digests and absorbs most of the discarded larval epithelium but usually some of it remains until the imago emerges.

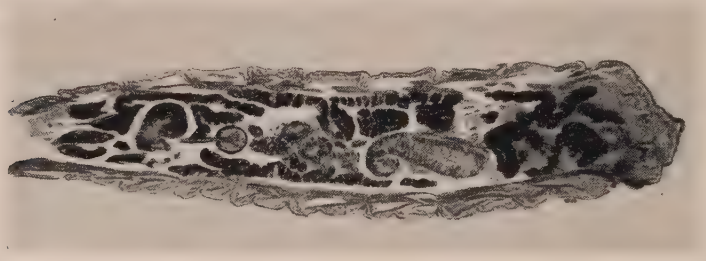


Fig. 3. Photomicrograph of a longitudinal section of a larva killed immediately preceding pupation. The larva has ceased feeding and the intestinal tract is almost empty. The lumen of the mid-intestine is very small and the prominent epithelial cells are closely pressed together. Approx. 16×.

The Fate of Bacteria in the Mid-Intestine.

As pointed out by the writer (11) in an earlier paper, the intestinal tract of an actively feeding larva is heavely engorged with a semi-liquid mass composed of many different kinds of bacteria uniformly distributed throughout the granular food material. (Fig. 2.) The food material is gradually digested and absorbed as it passes along the long coiled intestinal tract, but the bacteria seem to be uninjured. As the food is absorbed the proportion of bacteria to food materials increases until finally the ex-

crement consists almost entirely of a mass of bacterial cells. With the beginning of pupation the larva ceases to feed, the lumen of the intestinal tract diminishes in size, and the epithelial cells of the mid-intestine become closely pressed together. (Figs. 3 and 4.) Practically all of the food material disappears but considerable numbers of bacteria are left. At this stage, and for a considerable period following, the bacteria frequently may be found closely packed into the spaces between the epithelial cells. (Fig. 5 A.) Often they form a single layer covering the surface of the epithelial cells. (Fig. 5 B.) The regular chain-like arrangement of the bacteria shows that a certain amount of growth and multiplication is taking place. The uniform size and shape of the cells would indicate also that some sort of selective action is operating so that only short rod-shaped species survive.

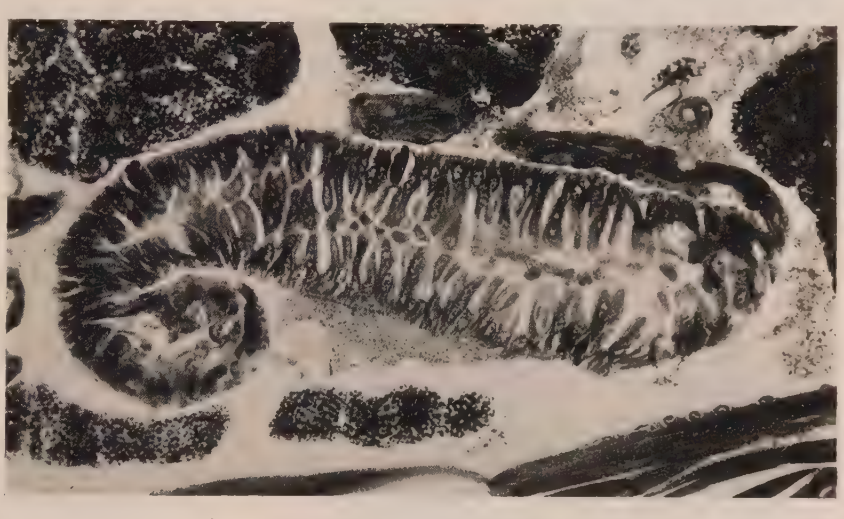
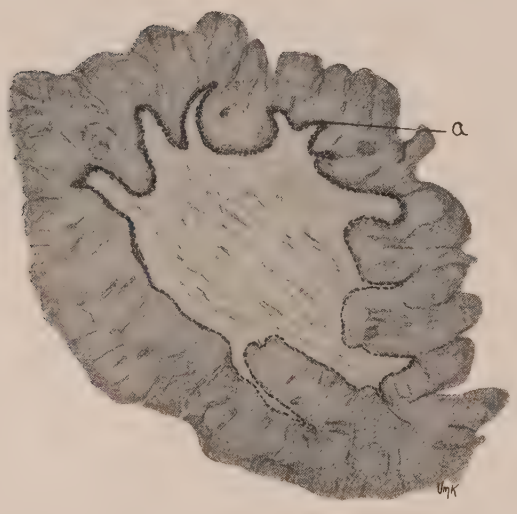


Fig. 4. Enlarged view of the mid-intestine of the larva shown in fig. 3 showing the large epithelial cells crowded together to form a small lumen almost empty of food materials. Approx. 100×.

Soon the epithelial cells are sluffed off, and they gradually disintegrate and fuse into an amorphous mass occupying the lumen of the new imaginal intestine which forms from the regenerative cells. (Fig. 6 A.) When this occurs the bacteria gradually lose their staining properties and appear to penetrate the decomposing epithelial cells and to fuse with the matrix formed by the sluffed epithelium. Following this there usually is a short period when it is difficult to demonstrate the presence of bacteria in this location. As histogenesis proceeds new epithelial cells are formed which digest and absorb the remains of the larval epithelium. As this substance disappears, the bacteria reappear (Fig. 6 B) and begin to multiply so that when the imago emerges from the puparium there already are a considerable number of actively growing bacteria within the intestinal tract. (Fig. 7.) The bacteria spread into the newly formed hind-intestine, and it also soon become well populated with bacteria.

A



B

Fig. 5. *A* Camera-lucida drawing of a cross section of the mid-intestine of a pupating larva about 48 hours further advanced than the ones shown in figs. 3 and 4. Note the mass of bacteria in the contracted lumen and between the epithelial cells. Approx. 250×.
B Camera-lucida drawing of a cross section of the posterior region of the mid-intestine of a pupating larva in about the same stage of development showing the arrangement of the bacteria in a single layer over the surface of the walls of the intestine. Approx. 300×.

It is difficult to explain the temporary disappearance of the bacteria, but in all probability they are reduced to relatively small numbers which undergo some change that interferes with their staining properties but does not destroy their viability. It was thought that perhaps they assumed a filterable state for a limited time and reassumed their normal morphology when conditions again became favorable. In order to test this hypothesis, thirty puparia, selected at about the proper stage of development, were surface sterilized and rinsed in sterile broth. They were divided into six lots of five puparia each and crushed in about 50 cc. of sterile broth. This was immediately filtered through medium grade Berkfeld filters into sterile flasks. In all the flasks, except one in which the seal was accidently broken, the broth remaind sterile for two months, after which the experiment was discontinued. This would indicate that the bacteria had not assumed a filterable form.

It is, of course, possible that all of the bacteria in this portion of the intestinal tract are destroyed and that the mid-intestine of the imago becomes reinfected from some other source, but no evidence to support this view was obtained. The bacteria were found in abundance in the imaginal mid-intestine before emergence of the imago and in freshly emerged flies which had not had an opportunity for feeding. Also, another experiment was made which strongly indicates that the bacteria are present in the mid-intestine although they could not be demonstrated by staining methods. A number of puparia in approximately this stage of development were taken from a warm room and subjected to a temperature of minus 18 degrees C. for 24 hours. This sudden change of temperature would be sufficient to kill the insect but bacteria would in all probability survive. The puparia were returned to an incubator and held at 27 degrees C. for from 24 to 48 hours, after which they were fixed and imbedded in paraffin for sectioning. When sectioned and stained, it was found that bacteria were present in the mid-intestine and had

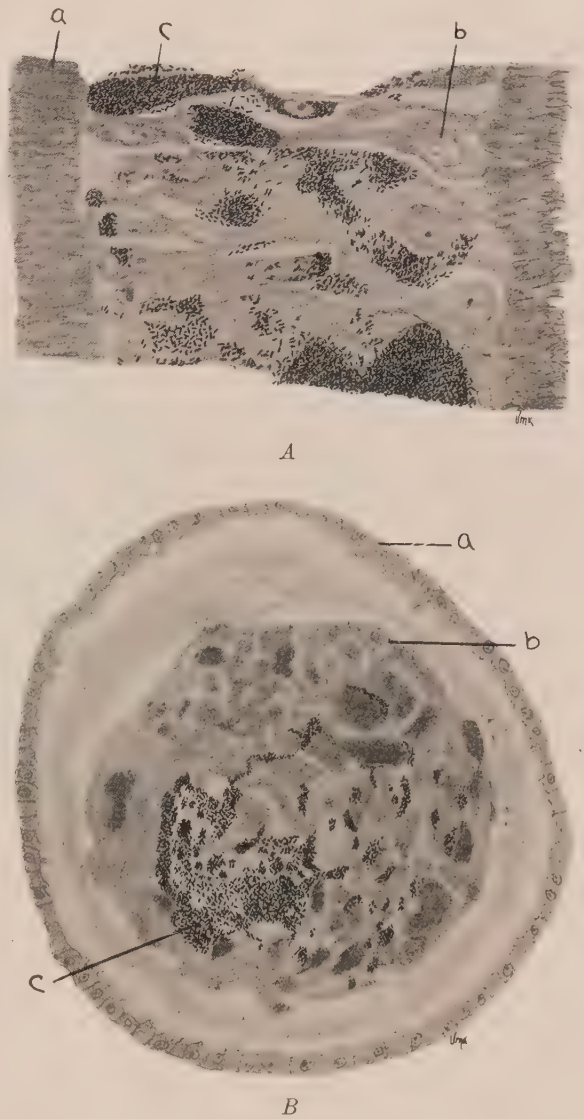


Fig. 6. *A* camera-lucida drawing of a longitudinal section of the mid-intestine as the epithelial cells are being sluffed off into the lumen. The bacteria appear to penetrate into the interior of the disintegrating cells and they generally do not stain normally. Approx. 250×.
B A cross section of the mid-intestine with bacteria reappearing in the amorphous mass formed by the sluffed epithelium and the residue of food materials. The new epithelium is beginning to form from the embryonic cells of the intestinal wall. Approx. 250×.

multiplied extensively. Of course it was not possible to determine definitely that the bacteria had entirely disappeared before the puparia were frozen, but subsequent study indicated that many of them were at the stage of development where it is ordinarily difficult to detect the bacteria.

The Fate of Bacteria in the Fore- and Hind-Intestine.

The fore- and hind-intestine, being of ectodermal origin, are shed along with their contents with each molt of the active larva but are not shed when the puparium is formed. In fact, they are usually retained until some time after the true pupa is formed. For a short time after it

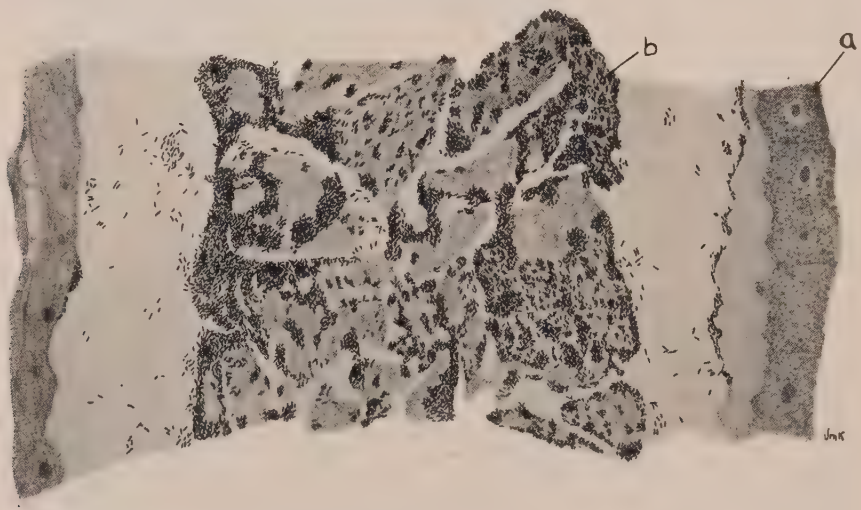


Fig. 7. A camera-lucida drawing of a longitudinal section through the mid-intestine of an imago, killed within a few minutes after emerging from the puparium. Note the abundance of bacteria mixed with the matrix composed of disintegrated epithelium and residue of undigested larval food. Approx. 475×.

is formed, the pupa is attached to the puparium at the anus, but it soon breaks away. As a result the hind-intestine is discarded directly into the space inside the prepupal cuticle and outside of the cuticle of the true pupa. (Fig. 8.) Dissected specimens, as well as stained sections cut through this region at the proper stage, show the bacteria in this space, where they adhere to the inside of the prepupal cuticle. Bacteria are always found in the shrunken remains of the hind-intestine. (Fig. 9A.) A study of serial sections shows quite plainly that bacteria from the hind-intestine have escaped into this cavity, where they remain until the fly emerges. A careful examination of the prepupal cuticle often reveals bacteria adhering to it some distance from the posterior end of the pupa. (Fig. 9A.) They are always to be found in definite chains, indicating that they have grown and multiplied in this location.

Examination of stained sections also revealed the presence of bacteria in the cast-out larval mouth parts and fore-intestine. (Fig. 9B.) They do

not appear to be as abundant here as in the region of the cast-out hind-intestine.

The bacteria found in the remains of the fore- and hind-intestines appear to be more variable in morphology than those surviving in the mid-intestine.

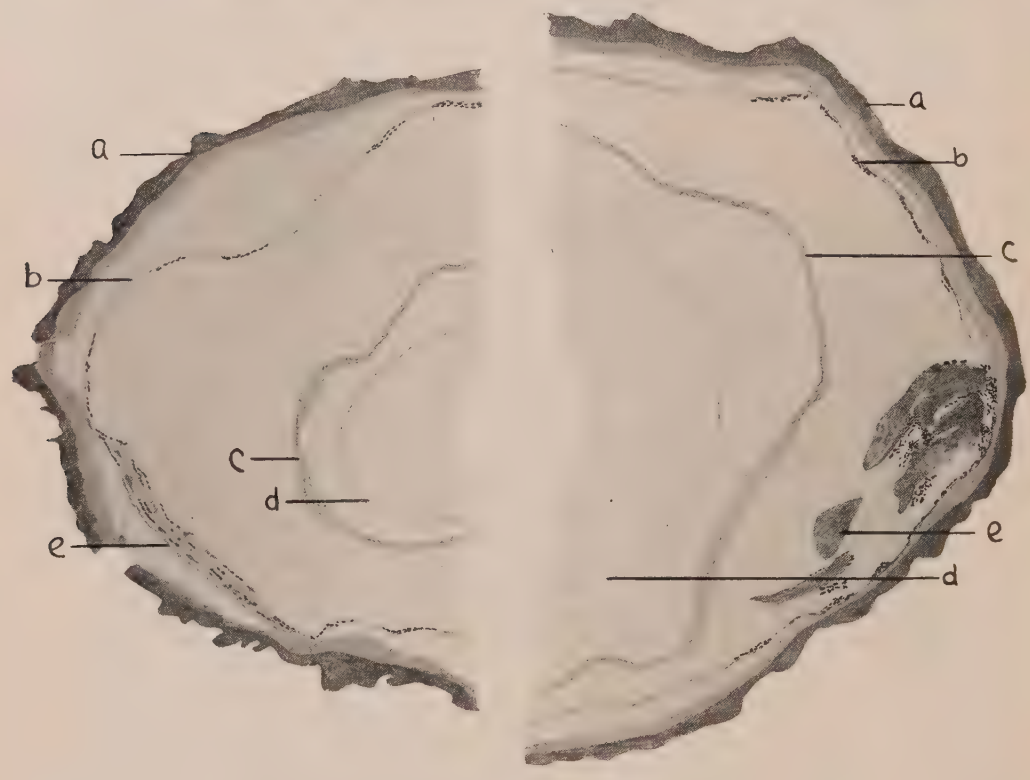
Obviously the selective action observed in the mid-intestine is not operative here, and apparently several different kinds of bacteria are able to survive in these locations. Some of these bacteria would in all probability come in contact with the surface of the emerging fly and account

Fig. 8. A composite drawing made from several successive serial sections through a pupa killed at the time of shedding the lining of the hind-intestine. *a* puparium, *b* prepupal cuticle, *c* pupal cuticle, *d* pupa, *e* lining of hind intestine showing the abundance of bacteria in its folds. Approx. 75×.

for the surface contamination, but the bacteria surviving in the mid-intestine would make up the intestinal flora of the imago at the time of emergence. It would be very interesting to know what bacteria are capable of surviving in the mid-intestine, but further experiments will be necessary.

Glaser (5) and others have observed that when surface-sterilized puparia are washed in nutrient broth and placed on nutrient agar bacteria frequently grow out of the spiracular openings. Glaser concluded "that during pupation bacteria become lodged in the upper air passages". In the light of the observations presented here, it would seem propable that these bacteria were those surviving in the fore- and hind-intestines. The nutrient broth probably flows in through the spiracular opening and comes in contact with the bacteria lying between prepupal cuticle and the pupa. The bacteria would then begin to multiply and would easily find their way to the outside.

In conclusion, it perhaps should be stated that the phenomena described here have not been demonstrated in all of the individual specimens examined. Bacteria were not found in certain specimens when they were relatively abundant in others of apparently the same stage of development. It is believed that a considerable amount of variation between individuals is to be expected and that the succession of events described here occurred



A *B*

Fig. 9. Camera-lucida drawings of longitudinal sections through a pupa showing the bacteria in and surrounding the cast larval mouth parts and hind-intestine.

A Section throug the posterior end showing: *a* puparium, *b* prepupal cuticle, *c* pupal cuticle, *d* outline of pupa, *e* cast lining of hind-intestine with bacteria in folds.. Approx. 50×.

B Section through anterior and showing cast larval mouth parts at *e*. Other parts labelled as in A. Approx. 50×.

with sufficient frequency to justify the assumption that it constitutes the normal relationship of the insect and its bacterial flora, subject to individual differences and to differences due to variations in environment.

Sumary.

The method of survival of bacteria within the puparia of the seed-corn maggot has been studied by histological methods. The bacteria were found to survive in the lumen of the mid-intestine, in the cast-out linings of the fore- and hind-intestine, and in the space between the prepupal

cuticle and the true pupa. In the latter case the bacteria apparently have escaped from the hind-intestine into the space just outside of the pupa and inside of the prepupal cuticle where they adhere to the prepupal cuticle and multiply to a limited extent.

In the mid-intestine during histolysis the bacteria are reduced to a relatively small number and they lose their affinity for stains and for a limited period their presence can not readily be demonstrated. They reappear, however, and multiply rapidly before the imago emerges from the puparium. Filtration experiments indicate that the bacteria are not in a filterable state during this period. There appears to be a selective action on the bacteria surviving in the mid-intestine which is not operative on those surviving in the cast-off linings of the fore- and hind-intestines.

University Farm, St. Paul, Minnesota.

Literature cited.

1. Bacot, A. W., The persistence of *Bacillus pyocyaneus* in pupae and imagines of Musca domestica raised from larvae experimentally infected with the bacillus. Parisitology **4**, 68—74, 1911.
2. Bonde, Reiner, The transmission of potato blackleg by the seed-corn maggot in Maine. Phytopath. **18**, 459, 1928.
3. — — The cabbage maggot as a disseminating agent of bacterial rots in the cruciferae. (Abs.) Phytopath. **20**, 128, 1930.
4. Cao, Guiseppe, Nuove osservazioni sul passaggio dei microorganism a traverso l'intestino di alcuni insetti. Ann. di igiene sperimentale **16**, 339—368, 1906. (Pierce, William Dwight, Sanitary Entomology, Richard G. Badger, Boston.)
5. Glaser, R. W., The survival of bacteria in the pupal and adult stage of flies. Amer. Jour. Hygiene **3**, 469—480, 1923.
6. Graham-Smith, G. S., Flies in relation to disease, non-bloodsucking flies. Cambridge Univ. Press., 229 S., 1913.
7. Hertig, Marshall and S. Burt Wolbach. Studies on Rickettsia-like microorganisms in insects. Jour. Med. Res. **44**, 329—374, 1924.
8. Johnson, Delia E., The relation of the cabbage maggot and other insects to the spread and development of soft rot of Cruciferae. Phytopath. **20**, 857—872, 1930.
9. Leach, J. G., The relation of the seed-corn maggot (*Phorbia fusciceps* Zett.) to the spread and development of potato blackleg in Minnesota. Phytopath. **16**, 149—176, 1926.
10. — — The relation of insects and the weather to the development of heart rot of celery. Phytopath. **17**, 663—667, 1927.
11. — — Further studies on the seed-corn maggot and bacteria with special reference to potato blackleg. Phytopath. **21**, 387—406, 1931.
12. Ledingham, J. C. G., On the survival of specific micro-organisms in pupae and imagines of Musca domestica raised from experimentally infected larvae. Experiments with *Bacillus typhosus*. Jour. Hyg. (Cambridge) **11**, 333—340, 1911.
13. Petri, L., Untersuchungen über die Darmbacteria der Olivenfliege. Centralbl. Bact. **26**, 357—367, 1910.
14. Riley, W. A., and Johannsen, O. A., Handbook of medical entomology. 384 S. Comstock Publishing Co. Ithaca N. Y., 1915.
15. Snodgrass, R. E., Anatomy and metamorphosis of the apple maggot *Rhagoletis pomonella* Walsh. Jour. Agr. Res. **28**, 1—36, 1924.
16. Stammer, Hans-Jurgen, Die Bakteriensymbiose der Trypetiden (Diptera). Zeitschr. f. Morph. u. Ökol. der Tiere **15**, 481—523, 1929.

Referate.

Einzelreferate.

Böving, Adam G., and **Craighead, F. C.,** An illustrated Synopsis of the principal larval forms of the order Coleoptera. 350 S. und 125 Tafeln. Brooklyn Entomological Society 1931. Preis geb. 7,50 Dollar.

Das vorliegende Buch füllt eine klaffende Lücke in der entomologischen bezw. coleopterologischen Literatur aus und zwar in einer ganz vorzüglichen Weise. Selten hat den Ref. eine entomologische Neuerscheinung so sehr gefreut und begeistert wie das Böving-Craigheadsche Larvenbuch. Hier ist ganze Arbeit gemacht: gründlichstes Studium der Morphologie des großen vom Bureau of Entomology und dem Nationalmuseum zur Verfügung gestellten Larvenmaterials (was ungeheure umfangreiche und mühsame Einzeluntersuchungen erforderte), verbunden mit klaren Fragestellungen und großen Gesichtspunkten. Die Ergebnisse der Einzeluntersuchungen sind auf 125 Tafeln dargestellt mit bewundernswerten klaren und einfachen Zeichnungen, die alles Wesentliche eindringlich zeigen und die lehren, wie man auf verhältnismäßig kleinem Raum durch Weglassung alles überflüssigen Beiwerkes und ohne Aufwand allzu großer Mittel unendlich viel darstellen kann. Und was von den Tafeln gesagt ist, gilt gleicherweise für den Text, der in seiner kurzen und präzisen Art (größtenteils dichotomische Tabellen) kaum zu übertreffen ist. Wenn wir in der Einleitung lesen, daß fast 15 Jahre Arbeit notwendig waren, um das Werk zu vollenden, so finden wir diesen Zeitraum für das, was geleistet wurde, sehr gering. Auf systematische Einzelheiten kann hier nicht näher eingegangen werden. Keine größere entomologische Bibliothek wird das vorliegende Werk missen können, das zu denen gehört, die ständig im Gebrauch sein werden. K. E.

Shelford, V. E., An Experimental and Observational Study of the Chinch Bug in Relation to Climate and Weather. — Ill. Natural History Survey. Vol. XIX. Urbana, Illinois 1932. S. 478—547.

Die Arbeit umfaßt das Ergebnis 10jähriger experimentell-ökologischer und statistischer Untersuchungen über das Massenauftreten von *Blissus leucopterus* Say, einer Langwanze, die als einer der größten Getreideschädlinge Nordamerikas gilt. Ihr periodisches Schadauftreten wurde schon früher mit klimatischen Verhältnissen in Zusammenhang gebracht. Verf. versucht diese Beziehungen auf experimentellem Wege zu klären. — Niedere Luftfeuchtigkeit wirkt verzögernd, hohe Luftfeuchtigkeit hingegen beschleunigend auf den Entwicklungsgang. Besonders stark kommt dies im ersten und zweiten Larvenstadium zum Ausdruck. — Die individuelle Variationsbreite wächst bei stärkeren Schwankungen der Versuchstemperaturen. — Normalerweise entwickelt *Blissus* zwei Generationen im Jahr. In einzelnen Jahren konnten indes in den Zuchten drei und selbst Ansätze einer vierten Generation festgestellt werden. Nach Shelford soll diese Erscheinung Ausdruck einer gesteigerten Brutenergie („breeding vigor") der Wanzen in den betreffenden Jahren sein, wie denn auch die Lebensfähigkeit („hardiness") und Fruchtbarkeit der Zuchten in den

verschiedenen Jahren stark schwankte. Bemerkenswert ist, daß die Maxima der Fortpflanzungsenergie in den Zuchten der verschiedenen Jahre nicht mit den Maxima des periodischen Schadauftretens der Wanze in freier Natur zusammenfielen. — Licht in seinen verschiedenen Wellenlängen übt — wie eine umfangreiche Versuchsserie ergab — keinen nennenswerten Einfluß auf die Lebensäußerungen der Wanze aus. Feuchtigkeit und Temperatur sind hierin wichtiger. Von ersterer sind im allgemeinen hohe Luftfeuchtigkeitsgrade günstig, während Wasser in tropfbar flüssiger Form verhängnisvoll wirkt. — Der statistische Teil der Arbeit, der bis auf das Jahr 1840 zurückgreift und 96 Fälle analysiert, versucht mit Hilfe der Klimatogramm-Methode die Beziehungen zwischen Witterung und Massenauftreten zu klären: Als „kritische Periode" wird der Juni erkannt. Zwei Jahre mit geringem Juniniederschlag sind Vorbedingung einer Kalamität.

W. Zwölfer, München.

Brues, Charles T., and **Melander, A. L.,** Classification of Insects. A Key to the Known Families of Insects and other Terrestrial Arthropodes. Bull. of the Mus. of Comp. Zoology at Harvard College. Vol. IXXIII. Cambridge, Mass. 1932. 672 S. Mit 1121 Einzelfiguren. Preis: Dollar 5,50 (geb. 6,50).

Das vorliegende Buch gibt eine Übersicht in Tabellenform über die sämtlichen Familien der Insekten, Arachniden, Tardigraden, Tauropoden, Diplopoden, Chilopoden und Symphylen. Der Gebrauch der Tabellen wird wesentlich erleichtert durch zahlreiche Textfiguren (1121) von Habitusbildern und Einzelcharakteren. Das Buch wurde für den Gebrauch an den amerikanischen Hochschulen geschrieben, gewissermaßen als eine Erweiterung des von den beiden Autoren 1915 herausgegebenen „Bestimmungsschlüssels der nordamerikanischen Insektenfamilien". Doch ist es nicht nur bei dieser geographischen Erweiterung geblieben, sondern es wurden in die Behandlung auch noch andere Arthropodenfamilien, die von Entomologen häufig mitgesammelt werden, einbezogen, ferner werden bei einigen Familien auch die wichtigsten Larven- und Puppenformen berücksichtigt, und endlich ist bei jeder Ordnung die Hauptliteratur angegeben, wodurch die Brauchbarkeit der Tabellen wesentlich gehoben wird. Da nun die Familien der Welt einbezogen sind, wird der Interessentenkreis für das Buch auf die Entomologen aller Länder erweitert. Bis jetzt existierte keine derartige gedrängte Übersicht, und so bedeutet das Erscheinen der Brues-Melanderschen „Classification of Insects" eine erfreuliche Bereicherung der entomologischen Weltliteratur. K. E.

Brehm, Djurens Liv, 4de fullständigt omarbetade och tillökade upplagan. I Svensk översättning och bearbetning, utgiven av Alarik Behm. Leddjuren, ny omarbetning av Victor Franz, Richard Heymons, Alb. Tullgren, Alarik Behm, Lars Gabriel Andersson och Einar Lönnberg. Trettonde (13.) Bandet, Insekter: Steklar-Skalbaggar-Loppor Tvåvingar. 576 S., 22 färgplanscher med 150 Avbildningar av olika Insekter, 33 svartplanscher med 107 Avbildningar och 429 illustrationer i texten. Stockholm 1930. — Fjortonde (14) Bandet, Insekter: Fjärilar, Nätvingar och övriga ordningar. Mångfotningar-Spindeldjur-Kräftdjur. 691 S., 28 färgplanscher med 130 Avbildningar av olika leddjur, 22 svartplanscher med 120 Avbildningar samt 510 Illustrationer i texten och 1 Kartbilaga. Stockholm 1931.

Schon wiederholt hatten wir Gelegenheit, Schweden um große, vorzügliche, im besten Sinne populäre Werke über Insekten zu beneiden, denen wir in Deutschland, wo Insektenkunde immer noch ein Stiefkind der sogenannten allgemeinen Bildung und sogar auch

der Zoologie ist, nichts Gleichwertiges zur Seite zu stellen haben. Und schon wieder haben wir Grund zu solchem Neide, auf die neue schwedische Ausgabe der Gliedertiere von Brehms Tierleben. Die letzte, 4., von R. Heymons und seiner Gattin bearbeitete deutsche Ausgabe ist an innerem Werte kaum zu übertreffen. Aber, abgesehen davon, daß sie nun bereits 12 Jahre alt ist: sie umfaßt nur 1 Band von 716 Seiten, mit 20 farbigen und 26 schwarzen Tafeln und 367 Abbildungen im Texte; und ist schließlich auf gelbes, minderwertiges Papier gedruckt, wie es damals (1920) kaum anders möglich war. Die schwedische dagegen hat allerbestes weißes, glänzendes Papier, künstlerischen und dauerhaften Einband und ist, wie die Angaben im Titel zeigen, an Text fast doppelt, an Tafeln und Bildern über doppelt so groß. Zugrunde liegt allerdings auch ihr in der Hauptsache die deutsche Ausgabe, übersetzt von L. G. Andersson und A. Tullgren. Dieser hat außerdem die ganzen Insekten, die Tausendfüße (S. 440—471) und Spinnentiere (S. 472—555) neu bearbeitet, während die Skorpione (S. 556—562) und die Krebstiere (S. 564—665) in E. Lönnberg einen ebenso hervorragenden Bearbeiter gefunden haben. Die Bearbeitung besteht vor allem in größerer Reichhaltigkeit und Ausführlichkeit des Textes, auch in etwas ausführlicherer Darstellung. Wie bei Tullgren, der doch der eigentliche Bearbeiter ist, nicht anders zu erwarten, sind gerade die in den letzten 10 Jahren besonders reichen Ergebnisse der angewandten Entomologie weitgehend ausgewertet, was selbstverständlich als Vorzug zu werten ist. Sind es doch gerade Nutzen und Schaden der Insekten, die deren überragende Bedeutung bedingen und auch beim Laien Interesse erwecken und Verständnis finden. Und wie die angewandte Entomologie sich überhaupt mehr mit der Lebensweise der Tiere beschäftigen muß, ist diese auch bei den nicht gerade ökonomisch wichtigen Formen eingehend berücksichtigt.

Die Reihenfolge der einzelnen Gruppen ist, im Gegensatze zur deutschen Ausgabe, absteigend: mit den Hymenopteren beginnend, mit den Apterygoten endend. Die Nomenklatur ist zeitgemäß; doch sind die älteren, bekannteren Namen stets in Klammern mit angeführt. Unter den vielen neuen Textbildern überwiegt die Photographie; sie sind meist vorzüglich und vor allem lehrreich; sie stellen namentlich viel Biologie dar. Infolge des glänzenden, weißen Papieres treten sie viel klarer und feiner hervor, als in der deutschen Ausgabe. Die 30 neuen farbigen Tafeln, von Sv. Ekblom herrührend, sind ganz hervorragend und denen der deutschen Ausgabe durchaus ebenbürtig; aber sie lassen Landschaft und Pflanzen durch mattere Farben zurücktreten und heben dadurch die Insekten in ihrer Farbenpracht und Zeichnung mehr hervor.

So darf man dem schwedischen Volke, dem Herausgeber und den Bearbeitern aufrichtigen Glückwunsch zu dieser wertvollen Bereicherung der schwedischen populären naturwissenschaftlichen, besonders entomologischen Literatur aussprechen. Man kann sich nur wundern, daß solche, doch ziemlich kostspieligen Werke in dem kleinen, schwach bevölkerten Lande genügend Abnehmer finden. Wie groß und tief muß doch das Interesse für Naturwissenschaft im allgemeinen, für Insektenkunde im besondern, im schwedischen Volke sein, daß es die Herausgabe solcher Prachtwerke ermöglicht! Reh.

Hering, Martin, Die Schmetterlinge, nach ihren Arten dargestellt. Die Tierwelt Mitteleuropas. Ergänzungsband I. IX und 545 S. mit 813 Abbildungen. Leipzig, Verlag von Quelle u. Meyer, 1932. Preis geheftet RM. 40,—. Leinenband RM. 42,—. Halbleder RM. 45,—.

Es ist sehr erfreulich, daß der Verlag des beliebten Werkes „Die Tierwelt Mitteleuropas" sich entschlossen hat, Ergänzungsbände herauszugeben, in denen einzelne besonders interessierende Klassen, von denen in dem Hauptwerk ihres großen Umfangs wegen nur die Familien und Gattungen berücksichtigt werden konnten, eine volle Darstellung in Tabellenform bis zu den Arten erfahren sollen. Der eben erschienene Ergänzungsband behandelt die Schmetterlinge und ist von dem Kustos der Lepidopterensammlung des Berliner Museums, Prof. Dr. Martin Hering, bearbeitet. Der Name des Autors bürgt für die Gewissenhaftigkeit der Darstellung. Bisher waren über Schmetter-

linge derartige Tabellen nicht oder nur in kleinem Umfange vorhanden; war es doch im allgemeinen der Brauch, die Schmetterlinge nach Abbildungen zu vergleichen, — ein Verfahren, das in vielen Fällen zu falschen Bestimmungen führte — da dabei meist nur auf einige äußerliche Ähnlichkeiten gesehen wurde, die wesentlichen Unterschiede aber nicht als solche erkannt wurden, abgesehen davon, daß auf diese Weise eine wissenschaftliche Erkenntnis der Unterschiede nicht erreicht werden konnte. Es mußte also völlig neue Arbeit geschaffen werden.

Die kurz gehaltenen, präzisen Tabellen behandeln sämtliche Arten der mitteleuropäischen Groß- und Kleinschmetterlinge. Individualaberrationen („formae") sind in ihnen mit vollem Recht nicht aufgenommen. Hingegen ist die Variationsbreite der Arten berücksichtigt. Angegeben sind ferner für jede Art geographische Verbreitung, Falterzeit und Futterpflanze der Raupe.

So stellt das Werk Herings eine bewunderungswürdige Leistung dar, durch die die Schmetterlingskunde auf ein höheres Niveau gebracht wird. Es sei allen Schmetterlingssammlern, die tiefer in das von ihnen gepflegte Gebiet eindringen wollen, wärmstens empfohlen. Es sollte auch in keiner entomologischen Bibliothek fehlen; auch der angewandte Entomologe wird, wenn er zu einer sicheren Bestimmung gelangen will, zu dem Heringschen Werk greifen müssen. Möge der Autor für seine hingebende große Arbeit durch eine möglichst weite Verbreitung des Werkes einigermaßen belohnt werden.

K. E.

Koch, Rudolf, Bestimmungstabelle der Insekten an Kiefer und Lärche nach den Fraßschädigungen. Zweite, neubearbeitete Auflage. 218 S., mit 247 Textabb. Berlin, Verlag Paul Parey, 1932. Preis geb. RM 7,40.

Wie vor einigen Jahren für die Fichten- und Tanneninsekten, so ist jetzt für Kiefern- und Lärchenschädlinge eine 2. Auflage nötig geworden, ein Zeichen, welcher Beliebtheit sich die Kochschen Bestimmungsbücher bei den Praktikern erfreuen. Die neue Auflage weicht in verschiedenen Punkten von der ersten ab: es werden jetzt gleichartige Fraßbilder (z. B. Schildläuse) nicht mehr, je nachdem sie an Kiefer und Lärche vorkommen, weit voneinander getrennt, sondern sie werden unter der gleichen Rubrik mit den Vorzeichen **K** oder **L** behandelt, wodurch die Handhabung entschieden erleichtert wird; ferner sind eine ganze Reihe Schädlinge neu aufgenommen und dementsprechend auch die Zahl der Abbildungen vermehrt (von 217 auf 247), und endlich ist die Reproduktion der Abbildungen durch Verwendung von Kunstdruckpapier wesentlich verbessert. K. E.

Lengerken, Hanns von, Das Schädlingsbuch (für Gärtner, Gartenfreunde, Siedler, Obst- und Gemüsebauer, Baumschulenbesitzer, Warmhauszüchter und verwandte Berufe zur Erkennung und Bekämpfung tierischer Schädlinge). 194 S., mit 88 Abbildungen nach Zeichnungen von Fr. Schmidt-Junk. Berlin, Brehm-Verlag, 1932. Preis geb. RM 4,80.

Es sind im vorliegenden Schädlingsbuch alle wichtigeren bei uns vorkommenden Arten behandelt, soweit sie zur Gartenwirtschaft Beziehungen haben (ausgenommen sind nur die Nadelholzschädlinge). Die Behandlung ist übersichtlich, so daß jeder Laie sich zurechtfinden kann. Nach einer kurzen Einleitung über Schaden, Schadenbegriff und Bekämpfung wird zunächst eine Übersicht der Beschädigungen der Pflanzen zwecks Auffindung der Schädlinge gegeben, sodann werden die einzelnen Schädlinge in systematischer Anordnung eingehender besprochen nach ihrem Aussehen, ihrer Lebensweise, ihren Beschädigungen und ihrer Bekämpfung, wobei sehr gute Zeichnungen den Text wirksam unterstützen. Diesem Hauptabschnitt folgt eine Übersicht der gebräuchlichen Schädlingsmittel in alphabetischer Reihenfolge. Ein umfangreiches Sachregister beschließt das „Schädlingsbuch", das in den Kreisen der Gartenbesitzer sicherlich Anklang finden wird.

K. E.

Die Tierwelt Deutschlands. Begründet von Friedrich Dahl. 26. Teil. Zweiflügler oder *Diptera*. V.: *Notacantha-Rhagionidae — Tabanidae — Thereoidae — Omphralidae — Asilidae.* Bearbeitet von Z. Szilady, O. Kröber und E. O. Engels. 204 S. mit 223 Abbildungen im Text. Jena, Gustav Fischer, 1932. Preis brosch. RM 16,—.

Der vorliegende Teil behandelt eine Reihe, auch für den angewandten Entomologen bedeutungsvoller Fliegengruppen. Die Darstellung ist wieder mustergültig, sowohl in bezug auf den Text als auch auf das reiche Abbildungsmaterial, das sich durchwegs durch Einfachheit und Klarheit vorteilhaft auszeichnet. Die uns bisher zur Verfügung gestandene Bestimmungsliteratur über deutsche Dipteren war entweder veraltet oder unvollkommen oder aber wie das große Lindnersche Werk, das die gesamte paläarktische Fauna behandelt, zu umfangreich (abgesehen davon, daß es für die meisten unerschwinglich ist). So ist der Dipteren-Teil der „Tierwelt Deutschlands" berufen, eine große Lücke in unserer Dipteren-Literatur auszufüllen. K. E.

Peus, Fritz, Die Tierwelt der Moore unter besonderer Berücksichtigung der europäischen Hochmoore. Handbuch der Moorkunde Bd. III, 277 S., mit 35 Abbildungen. Berlin, Verlag Gebrüder Borntträger, 1932. Preis brosch. RM 22,50, geb. RM 24,75.

Die Erforschung des Moorphänomens ist in den letzten Jahrzehnten mächtig gefördert worden. Außer rein wissenschaftlichen Motiven spielten immer mehr auch wirtschaftliche Interessen mit herein: es braucht nur auf die Bedeutung hingewiesen werden, die den Mooren heute von land- und forstwirtschaftlicher Seite, sowie auch von industrieller Seite (Moore als Lagerstätten und Kraftquellen) beigemessen wird. So ist es verständlich, daß heute bereits eine große, kaum mehr übersehbare Literatur weit zerstreut über die ganze Welt als Zeitschriftenartikel und Einzelwerke vorhanden ist. Dieser Zustand erheischte notwendigerweise eine Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse, um der weiteren Forschung das Weiterarbeiten zu erleichtern, ja vielfach erst zu ermöglichen. Diese Grundlage wird in dem von K. von Bülow herausgegebenen Handbuch für Moorkunde geschaffen, das auf 10 Bände berechnet ist. Bis jetzt ist außer dem vorliegenden Band II erschienen Band I (Allgemeine Moorgeologie, von K. von Bülow).

Der vorliegende von Fritz Peus bearbeitete (III.) Band behandelt die zoologische Seite des Moorproblems. Wenn auch aus naheliegenden Gründen die zoologische Moorforschung der botanischen noch weit nachhinkt, so ist es doch sehr begrüßenswert, daß ein Überblick über ihre bisherigen Kenntnisse gegeben wird, um deren Lückenhaftigkeit und zugleich die Ansatzstellen für weitere Forschungen aufzuzeigen.

Auf Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden. Die Peussche Schrift enthält soviel des Interessanten und ist so anregend geschrieben, daß sie jeden Biologen fesseln muß; sie kann zugleich als die beste Einführung in die Gedankengänge der Ökologie und Biocönosenlehre empfohlen werden. K. E.

Barbey, Aug., Les insectes forestières du parc national Suisse. — (Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen des Schweizerischen Nationalparks. Nr. 6.) — 48 S. in 4, mit 24 Tafeln und 1 Karte. Aarau, H. R. Sauerländer u. Co., 1932. Preis Fr. 12,—.

In der vorliegenden Abhandlung teilt der bekannte Schweizer Forstentomologe Aug. Barbey im Rahmen der von der Kommission der S. N. G. zur wissenschaftlichen Erforschung des Nationalparks herausgegebenen Abhandlungen die Ergebnisse seiner im Verlauf von 10 Jahren durch eine Reihe von Exkursionen getätigten Untersuchungen mit. Es wurden bis jetzt im ganzen 63 Forstinsekten (einschließlich der nützlichen, räuberischen und parasitischen!) festgestellt. Von diesen entfallen auf Käfer 39 (darunter

9 Cerambyciden und 11 Ipiden), auf die Schmetterlinge 7 (nur Kleinschmetterlinge, unter denen der graue Lärchenwickler, *Semasia diniana* Gn., die verderblichste Rolle spielt), auf Hymenopteren 10 und Dipteren 3.

Weitaus die größte Mehrzahl der angetroffenen Schädlinge sind „sekundäre" Insekten, deren Anwesenheit bezw. Vermehrung in der überall im Nationalpark vorhandenen reichlichen Menge geschwächter, absterbender und abgestorbener Stämme begründet ist. Nach den bisherigen Beobachtungen scheinen aber diese sekundären Schädlinge durch zahlreiche Feinde und das Klima so in Schach gehalten zu werden, daß es zu einem „Primärwerden" dort nicht kommt (ähnliches beobachtete der Referent im Bialowieser Urwald). Barbey sieht deshalb in dem Verbleib sterbender und abgestorbener Stämme im Nationalpark keine Gefahr für die benachbarten normal bewirtschafteten Wälder. Eine Reihe sehr schöner photographischer Aufnahmen — sowohl Waldhabitusbilder als auch einzelner Fraßbilder — sind dem auch sonst sehr luxuriös ausgestatteten Werk beigegeben. K. E.

Kaysing, Maikäferbekämpfung. Selbstverlag, Schonberg in Mecklenburg, 1932. Preis Rm 0,60.

Die kleine Schrift stellt einen Nachtrag zu der im Jahre 1930 erschienenen Broschüre des gleichen Verfassers „Der harmlose Maikäfer" dar. Kaysing tritt hier mit starkem Nachdrucke dafür ein, daß der Kampf gegen den Maikäfer in Zusammenarbeit von Forst- und Landwirtschaft ausgeführt werden müsse, und infolge dieser Verbundenheit nur unter einer einheitlichen staatlichen Führung zu einem erfolgreichen gemacht werden könne. „Im Maikäfergebiet kann die Forstwirtschaft nicht tun und lassen, was sie will, sondern die Volkswirtschaft legt ihr bestimmte Pflichten auf." „Genaue und stetige Überwachung des Maikäfervorkommens und -fluges ist eine absolute Notwendigkeit." Für besonders wichtig und aussichtsvoll sieht Verf. (mit Recht) die chemische Bekämpfung an, die sich zunächst vor allem auf die Behinderung der Eiablage zu beziehen hat; im Naphthalin und Pyrethrum scheinen uns hierzu erfolgreiche Stoffe gegeben zu sein, während Derris nur eine ungenügende Rolle spielt. K. E.

Brandrup, G., Die Maikäferbekämpfung des Jahres 1932 im Nußwinkel (Westhavelland). Arbeiten der Landwirtschaftskammer für die Provinz Brandenburg und für Berlin. Heft 84. Berlin 1932. Preis RM 1,—.

Die Schrift bringt einen eingehenden Bericht über die Organisation, Durchführung und den Erfolg des Maikäferfeldzuges, der im Frühjahr 1932 im Nußwinkel ausgefochten wurde, wo sich der Flug über ca. 3500 ha erstreckte. Im großen und ganzen wurde der Kampf nach dem Pusterschen Plan durchgeführt. Es wurden insgesamt 345 Ztr. Maikäfer gesammelt, was ungefähr 16 Millionen Käfern entspricht. Wenn Verf. von diesen 16 Millionen Imagines ca. $^1/_2$ Milliarde Engerlinge ableitet, so dürfte dies sicher zu hoch gegriffen sein; doch wenn es sich auch nur (unter Einrechnung des Mortalitätsprozentes) um $^1/_4$ Milliarde Engerlinge gehandelt hat, um die der Wald entlastet wurde, so hat sich der Kampf reichlich gelohnt, zumal die Gesamtkosten sich nur auf etwa 5000 RM belaufen haben. Zur Verhinderung der Eiablage wurden Schalen mit Karbolineum aufgestellt, durch dessen Geruch die Weibchen anscheinend ferngehalten werden. Die kleine Schrift enthält auch sonst noch manche interessante biologische Beobachtung über die Wanderungen, über die Schwankungen im Zahlenverhältnis der beiden Geschlechter usw. K. E.

Schwerdtfeger, Fr., Prognose und Bekämpfung von Forleulenkalamitäten. 74 S. Berlin, Verlag „Der Deutsche Forstwirt", 1932. Preis RM 2,30.

Die vorliegende Schrift verfolgt den Zweck, dem Forstmann und Waldbesitzer Anleitung zu geben, wie er eine drohende Forleulenkalamität rechtzeitig erkennen und ihr

wirksam begegnen kann. Im großen ganzen enthält sie das für den Praktiker Wissenswerteste über Bionomie, Prognose und Bekämpfung des Schädlings, wobei besonders die Erfahrungen während der letzten Kalamitäten in Bayern und Norddeutschland als Grundlage dienten. Revisionsbedürftig ist die Angabe des Verf. bezüglich der kritischen Puppenzahl, die mit einer gesunden Puppe je Quadratmeter bezeichnet wird. Unter besonderen Voraussetzungen kann bei einer solchen starker Fraß eintreten. Todfraß ist aber hierbei nicht zu erwarten. Auch das über die Erholungsfähigkeit der Kiefer nach Forleulenfraß Gesagte entspricht nicht ganz den neuesten Erfahrungen. Der epidemiologische Teil berührt das Wesen des Problems nur unvollkommen. Das Literaturverzeichnis läßt wichtige Arbeiten vermissen, während andere, die mit der Frage wenig zu tun haben, mehrfach genannt sind. Sonst ist die Schrift recht brauchbar und kann dem Praktiker als Ratgeber im Kampf gegen den gefährlichsten Feind unserer Kiefernwälder zur Benutzung empfohlen werden. K. E.

Band XX, Heft 2.

Originalaufsätze.

Die Entwicklung der Forleule (Panolis flammea Schiff.) 1931 im Lorenzer Reichswald.

Von

Dr. **B. Adolf Marcus.**

(Mit 5 Abbildungen.)

(Abgeschlossen am 15. Dezember 1932.)

Inhalt.

Seite

Einleitung 169
Methoden 171
I. Die Schlüpfperiode 177
II. Schwarmzeit 184
III. Der Eibelag 185
IV. Die Raupenentwicklung 193
Zusammenfassung 201

* * *

Bei der letzten nordbayerischen Forleulen-Kalamität in den Jahren 1928—31, die hauptsächlich die auf mittelfränkischem Keupersand stockenden Kiefernwaldungen erfaßt hatte, kam es nicht in dem ganzen Gebiet gleichzeitig zur Eruption. In dem südwestlichen Teil des Befallsgebietes erreichte die Gradation infolge der hier günstigeren klimatologischen Bedingungen (vor allem geringere Niederschläge!) bereits im Sommer 1930 den Höhepunkt, wenn es auch nur in der östlichen Hälfte — in der Gegend zwischen Heideck, Petersgmünd, Hilpoltstein, Roth, Schwand und Dürrenhembach — auf größerer Fläche zu Kahlfraß kam (vgl. Abb. 1). Der Puppenbelag war hier im Winter 1930/31 im Vergleich zu dem des Vorjahres bereits so stark zurückgegangen, daß zu ernsteren Befürchtungen für einen nochmaligen Kahlfraß kein Anlaß mehr bestand; die Eruption war in diesem Gebiet mit dem Jahre 1930 bereits so gut wie zusammengebrochen, nur in der Gegend von Schwand kam es in einzelnen Bezirken auch 1931 noch zu stärkerem Auftreten.

In den nordöstlich anstoßenden Gebieten — Gegend von Schwabach, Allersberg, Pyrbaum und im ganzen Nürnberger Reichswald — erreichte die Gradation jedenfalls infolge der hier für die Eule weniger günstigen Klimaverhältnisse 1 Jahr später ihren Höhepunkt. Hier ergaben die im Laufe des Winters 1930/31 vorgenommenen Streuuntersuchungen eine starke Zunahme der vorjährigen Puppenzahlen, die im allgemeinen die Belagsstärke des Heidecker und Dürrenhembacher Gebietes vom Winter 1929/30 erlangten. Nur in dem nördlich der Pegnitz gelegenen Teil des Nürnberger Reichswaldes, dem „Sebalder Reichswald", und in dem an den Jura

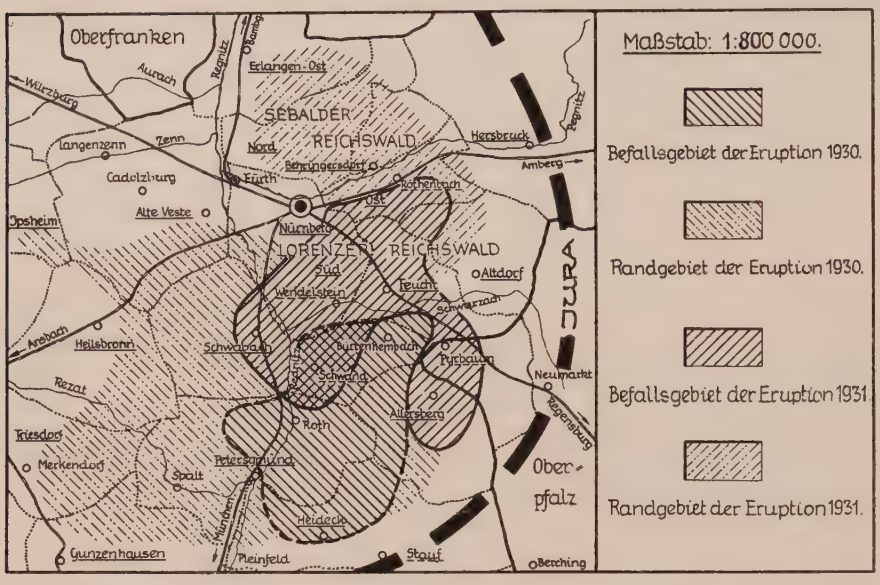


Abb. 1. Übersichtskarte der mittelfränkischen Forleulenkalamität 1928|31.[1] Der verschiedene Eintritt des Eruptionsjahres (1930 bezw. 1931) ist durch die Schraffur kenntlich gemacht. (Die Orte mit dem Sitz eines Forstamtes bezw. einer Forstamts-Außenstelle sind unterstrichen.)

grenzenden Streifen des südlicheren „Lorenzer Reichswaldes" erreichte der Puppenbelag auch in diesem Winter von einigen stärker befallenen Waldungen abgesehen keine allzu bedrohliche Stärke.

Um in dem übrigen stark gefährdeten Teil — fast der ganze Lorenzer Reichswald und große Bezirke bei Schwabach, Allersberg und Pyrbaum (vgl. Abb. 1) — nicht die nämlichen schlimmen Erfahrungen erleben zu müssen wie in dem südwestlichen Gebiet, wo im Juni 1930 9448 ha Kiefernwaldungen kahl- und 7304 ha lichtgefressen worden waren, wurden hier die stärker befallenen Bestände unter dem Einsatz von 5 Flugzeugen und etwa 10 Motorverstäubern mit Arsen- und Kontaktgiften bestäubt. Hand in Hand mit den Vorbereitungen für die Bekämpfungsaktion wurden in dem wichtigsten Gefahrengebiet, dem Lorenzer Reichswald, im Frühjahr 1931 eine Reihe von wissenschaftlichen Untersuchungen

und Beobachtungen angestellt, deren Ergebnisse, soweit sie mit der Biologie der Forleule zusammenhängen, hier veröffentlicht werden sollen.

Diese Studien wurden nach den vom Institut für angewandte Zoologie aufgestellten Richtlinien zunächst Mitte April 1931 von Herrn Dr. Ch. Hofmann begonnen und von Mitte Mai ab von mir fortgeführt und beendigt. Meine Beobachtungen erstreckten sich über das ganze Gebiet des Lorenzer Reichswaldes und teilweise noch darüber hinaus. Ich erfuhr bei der Durchführung meiner Untersuchungen von den Herren der bayerischen Staatsforstverwaltung stets großzügige Unterstützung und möchte ihnen allen, besonders Herrn Oberregierungsrat M. Sindersberger, auch an dieser Stelle meinen ergebensten Dank aussprechen. Ebenso danke ich Herrn Dr. W. Zwölfer und Herrn Dr. Chr. Hofmann für ihre wertvollen Anregungen, ihre Hilfe und die mir zur Verwertung überlassenen Unterlagen verbindlichst. Besonderen Dank schulde ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geh.-Rat Prof. K. Escherich, für seine liebenswürdige und hilfsbereite Anteilnahme an meiner Arbeit.

Methoden.

1. Untersuchungstechnik. Die Kontrolle des Schlüpfens der Forleulenfalter und ihrer Parasiten erfolgte ähnlich wie bereits 1930 im Heidecker Fraßgebiet durch fünf „Schlüpfkästen". Es waren sehr stabile quadratische Holzkästen mit ca. 1 m Seitenlänge und etwa 40 cm Höhe, die keinen Boden hatten. Der Deckel war durch Scharniergelenke am Rahmen befestigt und ließ sich leicht öffnen und schließen; er war mit wetterfestem Fliegengitter überspannt und schloß mit dem Rahmen dicht ab, so daß ein Entweichen von geschlüpften Insekten aus dem geschlossenen Kasten unmöglich war (vgl. Abb. 2). Die Kästen wurden Mitte April mit einer bestimmten Zahl gesunder, frisch gesammelter Forleulenpuppen beschickt und täglich kontrolliert. So war — in Anlehnung an die von Zwölfer (23, S. 553) gemachten Vorschläge — die Möglichkeit gegeben, durch genaue Verfolgung des Prozentverhältnisses geschlüpfter Falter die Hauptschlüpfzeit zu bestimmen und von dieser ausgehend unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Wetterlage den Termin für den Bestäubungsbeginn rechtzeitig vorauszubestimmen (vgl. S. 181 dieser Arbeit).

Abb. 2. Schlüpfkasten zur Kontrolle der Schlüpfperiode; geöffnet.

Die Ermittlung der Eiablagsperiode und des Eibelages der Bestände erfolgte an Probestämmen. Sie wurden, um ein Abspringen der Eier zu verhindern, sehr vorsichtig abgesägt und auf ein großes Tuch gesenkt, ihre Zweige abgeschnitten und jede Nadel einzeln nach abgelegten Eiern abgesucht. Dabei wurde besonderes Augenmerk darauf gerichtet, die schon geschlüpften Eier mit zu erhalten; gewöhnlich sind sie durch Reste der Eischalen noch gut kenntlich, manchmal allerdings findet man nur noch kreisrunde Konturen, die bei Lichteinfall an den Nadeln einen buntschillernden Reflex geben. Die Gründlichkeit dieser Untersuchungen läßt sich am besten dadurch ermessen, daß 4 bis

5 Personen zum Absuchen einer mittelbenadelten Fohrenkrone im Stangenholzalter bei emsiger Arbeit 3—4 Stunden benötigten. — Die befallenen Nadeln wurden in eine Schachtel gesammelt und möglichst bald sortiert und gezählt. Das Ergebnis wurde, da man erfahrungsgemäß auch bei sehr sorgfältiger Arbeit nie sämtliche Eizeilen findet, für die geschlüpften Eier, die leichter übersehen werden, um 10%, für die ungeschlüpften um 5% erhöht.

Der Versuch, den Raupenbelag eines Stammes durch Absuchen von Probestämmen mit genügender Genauigkeit zu erfassen, solange diese sich noch in jüngeren Stadien befinden, scheiterte an der Unmöglichkeit, die kleinen, meist noch völlig in den Maitrieben steckenden Jungraupen auch nur zum Teil aufzufinden. Sogar bei älteren Raupen ließ die Genauigkeit der Zählungen von Probestämmen selbst bei ebenso sorgfältigem Absuchen wie bei den Eizählungen sehr zu wünschen übrig. Als die sicherste Methode hat sich im Laufe der Bekämpfung das Absammeln der nach einer Flugzeugbestäubung mit dem Kontaktmittel „Forestit-Merck" auf Fangtücher herabgefallenen Raupen erwiesen (vgl. Marcus 15). Da hierbei, wie durch Probestammfällungen einige Tage nach der Bestäubung festgestellt wurde, praktisch sämtliche Eulenraupen erfaßt werden, brauchte man nur die Fläche des Fangtuches auf die Schirmfläche des Durchschnittsstammes umzurechnen, um ein genügend genaues Ergebnis für den Raupenbelag zu erhalten (vgl. S. 191). Auch hier war das Resultat nur deshalb so zuverlässig, weil die Forestit-Bestäubungen erst zu einem Zeitpunkt begannen, an dem sich die meisten Raupen bereits in mittleren und älteren Stadien befanden. Die ganz kleinen Raupen wird man auch bei dieser Methode kaum mit Sicherheit erfassen können, da sie leicht in den Trieben hängen bleiben. Die dadurch bedingte Lücke in der Freilandbeobachtung der Eulenentwicklung wurde durch eine besondere Art der graphischen Darstellung auszufüllen versucht (vgl. unten).

Die Bestimmung der Raupen nach ihrer Zugehörigkeit zu den einzelnen Stadien erfolgte nach der Breite der Kopfkapsel; zur Grundlage diente hierbei die von Zwölfer (23, S. 528) aufgestellte Tabelle.

2. Meteorologisches. Während der Schlüpfperiode wurden täglich etwa zur gleichen Stunde die Temperaturen des Puppenhorizontes gemessen. Dabei wurden kleine Bodenthermometer verwandt, die Meßzeit betrug jedesmal mindestens fünf Minuten. Um etwaige Einflüsse der mit Fliegengitter überspannten Schlüpfkästen auf die Entwicklung der einliegenden Puppen untersuchen zu können, wurde stets innerhalb und außerhalb des Kastens gemessen. Die Abweichungen waren meist unbedeutend; nur an besonders heißen Tagen zeigte sich in den Kästen, bei denen die Einstrahlung infolge eines lichteren Standortes sehr stark war, eine mitunter um 1—2° C niedrigere Temperatur als außen. Die Bodenfeuchtigkeit wurde nicht untersucht; sie ist nach Meyers (16) vorjährigen Messungen ebenfalls innen wie außen ungefähr gleich. Nur nach starken Niederschlägen können wir annehmen, daß die Luft innerhalb der Kästen auf längere Zeit feuchter ist als ihre Umgebung, da das Fliegengitter ein gewisses Hindernis für die Verdunstung bildet.

Auf die richtige Erfassung des Freilandklimas wurde besonderes Gewicht gelegt. Beobachtungen der allgemeinen Wetterlage (Durchschnittstemperatur, Niederschläge usw.) erfolgten an verschiedenen Orten des Lorenzer Reichswaldes in Feucht, Wendelstein und Altdorf; zur Ergänzung und zum Vergleich wurden die Klimazahlen der Nürnberg-Fürther Flugwetterwarte herangezogen.

Erfahrungsgemäß weichen die klimatischen Verhältnisse des Bestandes-Kronenraumes, in dessen Bereich sich die Eulenentwicklung von der Schwarmzeit der Falter bis zur Verpuppung der Raupen vollzieht, ziemlich stark von denen der freien Atmosphäre und des Bestandesinnern ab. Um das Klima der Kronenregion genau zu erfassen, wurde in einem 30jährigen Fohrenstangenholz in der Nähe von Feucht eine etwa 10 m hohe Kanzel errichtet und an ihr außer einem Regenmesser ein Thermo- und ein Hygrograph angebracht.[1]) Die Tagesmittel wurden aus den täglich gewechselten Registrierstreifen

[1]) Herrn Dr. R. Geiger von der Bayer. Landeswetterwarte, München, möchte ich auch an dieser Stelle für seine liebenswürdige Unterstützung bestens danken.

durch stündliche Ablesung ermittelt $\left(\frac{\text{Summe der stdl. Ablesung}}{24}\right)$, können daher als sehr genau bezeichnet werden.

Wenn auch die an den verschiedeneu Orten gewonnenen meteorologischen Messungen mitunter größere Abweichungen voneinander aufwiesen, so spiegelt sich der allgemeine Verlauf des Wetters doch überall wider; nur liegen die Temperaturen im Kronenraum im Durchschnitt um 1—2° C, bisweilen noch tiefer unter denen der auf freier Fläche etwa 15 km westlich gelegenen Nürnberg-Fürther Flugwetterwarte und etwa 0,5—1° C unter den ganz in der Nähe in 1 m Höhe an einem Gartenhäuschen bei Feucht vorgenommenen Messungen.

3. Methode der Darstellung. Die Beobachtungen und Untersuchungen über die Eulenentwicklung waren auf dem ganzen Befallsgebiet des Lorenzer Reichswaldes angestellt worden, da sie gleichzeitig den Zweck hatten, die Bekämpfungsnotwendigkeit und den richtigen Bestäubungseinsatz für jeden einzelnen Bestand festzustellen bezw. später den Erfolg der Bestäubung zu kontrollieren; ein unmittelbarer Vergleich war also nicht ohne weiteres möglich. Um ein einheitliches Bild der Eulenentwicklung zu erhalten, habe ich durch eine besondere Art der Darstellung alle Befunde auf eine gemeinsame und übersichtlich darstellbare Basis gebracht. Durch sie wurde gleichzeitig ermöglicht, Lücken in der Beobachtung, wie sie vor allem durch die Unmöglichkeit der genauen Erfassung des Jungraupenbelages entstehen, mit ziemlicher Genauigkeit auszufüllen.

Gewöhnlich werden bei der graphischen Darstellung der Abhängigkeit irgendeiner biologischen Entwicklung von der Zeit die einzelnen Tageswerte für sich aufgetragen, wodurch infolge der oft recht beträchtlichen Tagesschwankungen unregelmäßige Zickzackkurven entstehen (vgl. Abb. 3 unten). Sie gestatten meist nur einen unvollkommenen Vergleich mit anderen Entwicklungsdarstellungen, die mit ihnen im Zusammenhang stehen, etwa den Vergleich der Schlüpfkurve der Eulenfalter mit jener der einzelnen Parasiten. Ich habe deshalb die täglichen Werte nicht für sich, sondern addierend aufgetragen. Die die Grundlage für die kurvenmäßige Darstellung bildenden Punkte stellten also jeweils die Summe aller vorausgegangenen Tageswerte dar. Dabei wurden die Zahlen zur Ermöglichung des Vergleiches in Prozente umgerechnet. Der Abschluß, d. h. der letzte Punkt einer solchen Reihe war also die Summe sämtlicher Beobachtungswerte und entsprach 100% (Abb. 3 oben). Der Vorteil dieser Auftragung besteht darin, daß sich hier auch bei sehr starken täglichen Schwankungen der Ausgleich der Punkte zu einer einfachen Kurve sehr leicht und zwanglos durchführen läßt. Dieser Ausgleichslinie, die die Form eines langgezogenen S hat, werden nun die Werte für jeden einzelnen Tag entnommen (auf graphischem Wege); ihre graphische Auftragung liefert uns die Punkte für eine ausgeglichene Hügelkurve, wie sie mit gleicher Genauigkeit aus der direkten Darstellung der einelnen Tageswerte mit freier Hand kaum zustande gebracht werden könnte.

An Hand der Beobachtung über das Schlüpfen der Eulenfalter (♂♂ und ♀♀ zusammen) habe ich den Vorgang dieser sogenannten „graphischen Interpollation“ ersichtlich

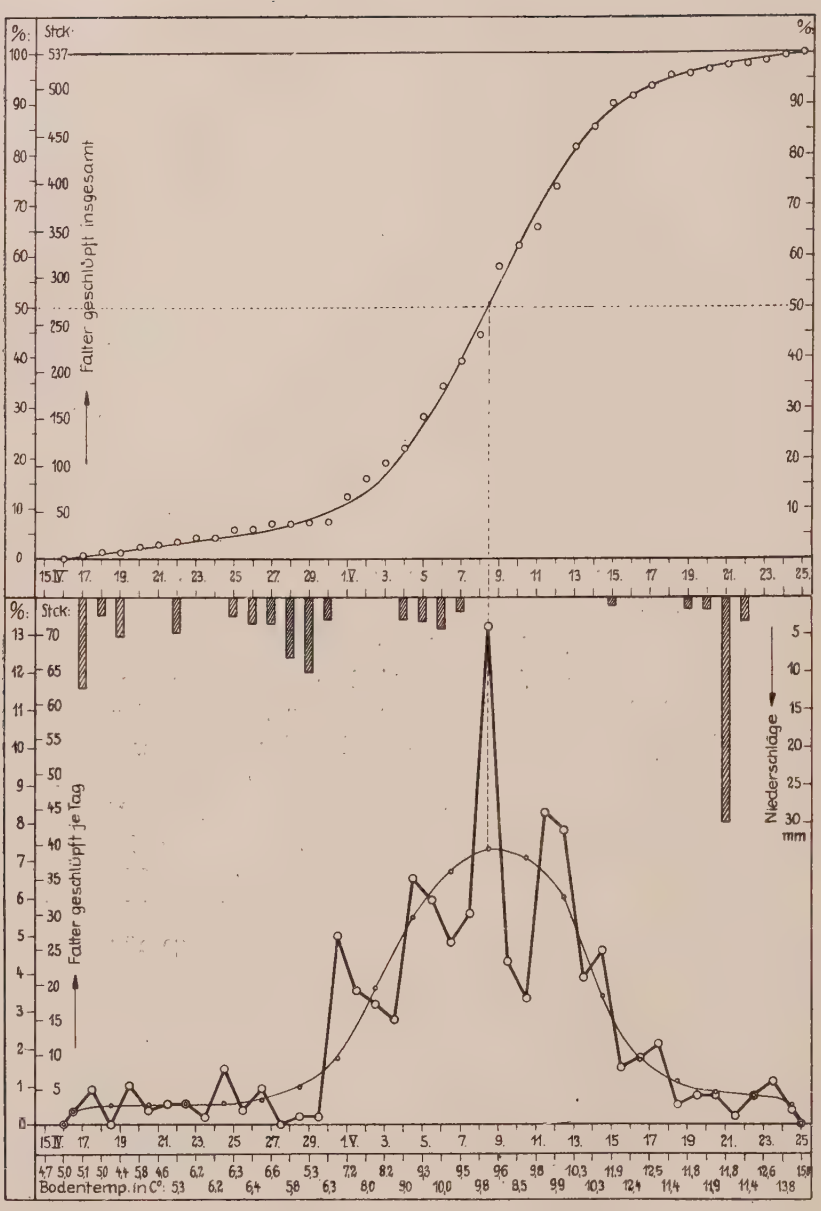


Abb. 3. Graphische Darstellung des Falterschlüpfens. (Forleule, 1931 im Lorenzer Reichswald.) Die Zahl der täglich geschlüpften Falter ist unten einzeln, oben addierend aufgetragen; die dünn ausgezogene Kurve der unteren Darstellung ist auf graphischem Wege aus der oberen gebildet.

gemacht (Tab. I und Abb. 3): die Werte in Spalte 12 und 13 der Tabelle I weichen nicht sehr stark voneinander ab, da es bei ihnen keine rückläufige Bewegung gibt, wie bei den Zahlen der Spalte 9 und 10 (Abb. 3 oben und unten). Mathematisch ausgedrückt bedeutet dieser Umweg, daß wir statt des Ausgleiches zur Differenzialkurve (je Einheit!)

Tabelle I. Schlüpfen der Forleulenfalter in den bei Feucht aufgestellten Schlüpfkästen. (1931, Lorenzer Reichswald.)

Datum (1931)	Temperatur im Boden C°	Temperatur im Freien (Tagesmittel) C°	Niederschläge mm	♂♂ je Tag Stück	♂♂ insgesamt %	♀♀ je Tag Stück	♀♀ insgesamt %	♂♂ und ♀♀ zusammen je Tag %	♂♂ und ♀♀ zusammen je Tag graph. interpoliert %	♂♂ und ♀♀ zusammen insgesamt Stück	♂♂ und ♀♀ zusammen insgesamt %	♂♂ und ♀♀ zusammen insgesamt graph. interpoliert %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
17. IV.	5,1	5,3	12,0	1	**0,39**	1	**0,36**	0,37	0,35	2	**0,37**	0,35
18. IV.	5,0	5,2	2,4	4	**1,94**	1	**0,72**	0,93	0,45	7	**1,30**	0,80
19. IV.	4,4	7,5	5,2	—	**1,94**	—	**0,72**	—	0,50	7	**1,30**	1,30
20. IV.	5,8	7,3	—	4	**3,49**	2	**1,43**	1,12	0,50	13	**2,42**	1,80
21. IV.	4,6	4,1	—	1	**3,88**	1	**1,79**	0,37	0,50	15	**2,79**	2,30
22. IV.	5,3	5,4	4,6	2	**4,65**	1	**2,15**	0,56	0,55	18	**3,35**	2,85
23. IV.	6,2	7,9	—	2	**5,42**	1	**2,51**	0,55	0,55	21	**3,90**	3,40
24. IV.	6,2	11,9	—	1	**5,81**	—	**2,51**	0,19	0,55	22	**4,09**	3,95
25. IV.	6,3	13,4	2,5	6	**8,13**	2	**3,23**	1,50	0,55	30	**5,59**	4,50
26. IV.	6,4	10,3	3,5	—	**8,13**	2	**3,94**	0,37	0,55	32	**5,96**	5,05
27. IV.	6,6	9,4	3,5	4	**9,70**	1	**4,30**	0,93	0,65	37	**6,89**	5,70
28. IV.	5,8	5,5	8,0	—	**9,70**	—	**4,30**	—	0,80	37	**6,89**	6,50
29. IV.	5,3	4,3	10,0	1	**10,1**	—	**4,30**	0,19	1,00	38	**7,08**	7,50
30. IV.	6,3	6,6	3,0	—	**10,1**	1	**4,66**	0,19	1,25	39	**7,27**	8,75
1. V.	7,2	9,5	—	14	**15,5**	13	**9,30**	5,01	1,75	66	**12,28**	10,5
2. V.	8,0	13,9	—	9	**19,0**	10	**12,9**	3,53	2,6	85	**15,81**	13,1
3. V.	9,2	16,6	—	14	**24,4**	3	**14,00**	3,18	3,6	102	**18,99**	16,7
4. V.	9,0	14,2	3,0	11	**28,7**	4	**15,40**	2,79	4,6	117	**21,78**	21,3
5. V.	9,3	11,6	3,2	25	**38,4**	10	**19,00**	6,52	5,5	152	**28,30**	26,8
6. V.	10,0	15,8	4,3	16	**44,6**	16	**24,70**	5,94	6,2	184	**34,24**	33,0
7. V.	9,5	11,7	2,0	12	**49,2**	14	**29,75**	4,84	6,7	210	**39,08**	39,7
8. V.	9,8	11,4	—	13	**54,3**	17	**35,85**	5,60	7,1	240	**44,68**	46,8
9. V.	9,6	12,4	—	34	**67,5**	37	**49,2**	13,20	**7,3**	311	**57,88**	54,1
10. V.	8,5	11,8	—	12	**72,1**	11	**53,10**	4,30	7,25	334	**62,18**	61,35
11. V.	9,8	13,3	—	7	**74,8**	11	**57,00**	3,35	7,05	352	**65,53**	68.4
12. V.	9,9	15,8	—	21	**73,0**	23	**65,30**	8,27	6,7	396	**73,80**	75,1
13. V.	10,3	18,1	—	10	**86,8**	32	**76,80**	7.80	6,0	438	**81,60**	81,1
14. V.	10,3	18,6	—	7	**89,5**	14	**81,80**	3,90	4,6	459	**85,50**	85,7
15. V.	11,9	17,9	1,2	9	**93,0**	16	**87,45**	4,60	3,4	484	**90,10**	89,1
16. V.	12,4	21,0	—	3	**94,1**	5	**89,25**	1,50	2,4	492	**91,60**	91,5
17. V.	12,4	18,8	—	2	**94,9**	8	**92,10**	1,75	1,7	502	**93,45**	93,2
18. V.	11,5	16,0	—	3	**96,0**	8	**95,00**	2,10	1,3	513	**95,55**	94,5
19. V.	11,8	14,5	1,6	1	**96,4**	2	**95,71**	0,50	1,1	516	**96,05**	95,6
20. V.	11,9	14,1	1,7	2	**97,2**	2	**96,52**	0,75	0,9	520	**96,80**	96,5
21. V.	11,8	13,8	30,0	2	**98,0**	2	**97,13**	0,75	0,8	524	**97,55**	97,3
22. V.	11,4	14,3	3,4	—	**98,0**	1	**97,49**	0,19	0,75	525	**97,74**	98,05
23. V.	12,6	18,4	—	2	**98,8**	2	**98,20**	0,76	0,75	529	**98,50**	98,8
24. V.	13,8	22,3	—	3	**100,0**	3	**99,29**	1,13	0,7	535	**99,63**	99,5
25. V.	15,0	23,5	—	—	—	2	**100,0**	0,37	0,5	537	**100,0**	100,0

den zur Integralkurve (insgesamt!) benutzen. Erst aus dieser erhalten wir durch (graphische) Differenzierung die ausgeglichene Differenzialkurve. Wo die Integralkurve „steigend steigt", hat die Differenzialkurve ihren Aufschwung, wo sie „fallend steigt", ihr Abfallen; der „Wendepunkt", d. i. dort, wo die Integralkurve am steilsten ist, entspricht dem Gipfelpunkt der Differenzialkurve. Dabei ist es eine Frage der Zweckmäßigkeit, ob die Integralkurve mit nur einem oder mit mehreren Wendepunkten gebildet wird, die entsprechende Differenzialkurve hat dann nur einen oder mehrere Höhepunkte.

Der Hauptvorteil dieser Methode liegt aber weniger in der Schaffung eines genaueren Ausgleiches für die kurvenmäßige Darstellung irgendeiner Entwicklungsperiode, sondern vor allem darin, daß durch sie sonst gar nicht graphisch als Hügel- oder Entwicklungskurve darstellbare Untersuchungsergebnisse, wie Beobachtungen über die Eiablage an Probestämmen oder Raupenzählungen, in das Gesamtbild der Entwicklung einbezogen werden können.

So lieferten die Ergebnisse der Eiuntersuchungen an Probestämmen — in Prozenten an ungeschlüpften und geschlüpften Eiern ausgeschieden — zwanglos eine den S-förmigen Schlüpfkurven der Imagines analoge graphische Darstellung (vgl. Tab. III und IV, sowie Abb. 5). Ebenso war diese Darstellung für die Raupenentwicklung von dem Zeitpunke ab, an dem genügend sichere Sammlungen vorlagen, nicht schwierig. Ich brauchte die stadienweise Auswertung der einzelnen Raupenzählungen nur in Prozente umzurechnen (Tab. VIII); graphisch aufgetragen ergaben diese Werte Teilstücke von ebenfalls S-förmigen Kurven, die mit den als Summe aufgetragenen Tageswerten für das Falterschlüpfen und der Darstellung der Eiablage und des Schlüpfens der Eiraupen durchaus vergleichbar sind (vgl. Abb. 5 unten).

Da sich die Raupen am Zeitpunkte der Untersuchungen bereits zum größten Teil in mittleren und älteren Stadien befanden, wurden diese Kurven nicht vollständig. Die meisten Punkte waren noch für die Kurven der Larve IV und V vorhanden, bei der Larve III und noch mehr bei der Larve II ist nur noch das letzte Stück der Kurve durch Punkte belegt (siehe Abb. 5).[1]) Die Vervollständigung der S-förmigen Linien mußte ich gutachtlich vornehmen; jedoch kann die Abweichung vom tatsächlichen Verlauf nicht sehr groß sein (höchstens 1—2 Tage), da die Eingliederung in die zusammenhängende Darstellung an der einen Seite durch die sehr genaue Schlüpfkurve der Eiraupen, an der anderen durch die mit Punkten belegten Stücke und die Kurven der älteren Stadien in ihrem Verlauf gebunden ist. Außerdem wurden bei der gutachtlichen Ergänzung der Kurven noch die jeweiligen Temperaturverhältnisse berücksichtigt; die Kurven können also auch für die Raupenentwicklung als genügend genau gelten, zumal sie ja nur den Gang der mittleren Entwicklung im ganzen Reichswaldgebiet darstellen sollen. — Die Umformung der S-förmigen Linien in die eigentlichen Entwicklungskurven der betreffenden Stadien erfolgte wie bei den Schlüpfkurven der Falter (vgl. oben).

Es ist also ein weiterer Vorteil dieser Darstellungsmethode, daß es durch sie gelingt, Lücken in der Beobachtung, wie sie im Freiland teilweise gar nicht zu vermeiden sind, mit praktisch genügender Genauigkeit auszufüllen.

[1]) Die Punkte der Vierhäuter-Linie waren gegen das Ende des Monats Juni zum Teil unbrauchbar, da hier bereits das Bild des normalen Ablaufes der Entwicklung durch eine erhöhte Altraupensterblichkeit verzerrt wurde.

I. Die Schlüpfperiode.

a) Allgemeines. Zur Beobachtung des Schlüpfens wurde das aus verschiedenen Beständen stammende Puppenmaterial auf die 5 oben beschriebenen Schlüpfkästen in der Weise verteilt, daß in 4 von ihnen eine vorher ausgezählte Menge (100 bezw. 150 und 200 Stück) gesunder Eulenpuppen[1]), in einem eine größere Anzahl parasitierter Puppen und Tachinentönnchen eingelegt wurde. Die Kästen selbst waren mit großer Vorsicht in den Boden eingelassen worden, die natürliche Streudecke des jeweiligen Standortes war dabei mitsamt den darin enthaltenen Eulen und Parasiten möglichst unberührt geblieben (vgl. Abb. 2).

Die Waldteile, in denen die Schlüpfkästen aufgestellt wurden, waren nach Alter, Lichteinfall und Grad des vorjährigen Fraßes verschieden. Die Bodendecke bestand hauptsächlich aus einer wechselnd starken Moos- und Beerkrautschicht, teilweise war etwas Rohhumus vorhanden. In einem Falle wurde der Mineralboden nur durch eine dünne Nadelstreu ohne Bodenpflanzen bedeckt. Den mineralischen Untergrund bildete ein fein- bis mittelkörniger Sandboden (Burgsandsteinverwitterung), der zum Teil in stärkerem Maße lehmige Bestandteile enthielt (vgl. Tab. II).

Die Kontrolle des Schlüpfens erfolgte in der Weise, daß täglich zur selben Stunde in sämtlichen Kästen die geschlüpften Falter und Parasiten entnommen und registriert wurden. Bei den Eulen wurde außerdem zwischen ♂♂ und ♀♀ unterschieden. Es besteht die Möglichkeit, daß schon vor Mitte April einige Falter geschlüpft waren; doch kann es sich nur um ganz wenige Fälle handeln, die für den allgemeinen Ablauf der Schlüpfperiode kaum ins Gewicht fallen. Noch in der zweiten Hälfte des April war das Schlüpfen infolge der kalten und niederschlagsreichen Witterung sehr vereinzelt.

Die Abhängigkeit des Schlüpfens von Temperatur und Feuchtigkeit geht deutlich aus Tabelle I und Abb. 3 hervor. So ist ein Aussetzen bezw. starkes Nachlassen der Schlüpftätigkeit durch tiefe Bodentemperaturen am 19. und 21. April, durch starke Niederschläge am 28.—30. April zu erklären. Auch scheint nicht allein die Bodentemperatur und -Feuchtigkeit von Einfluß auf das Schlüpfen zu sein, sondern auch die Lufttemperatur eine gewisse Bedeutung zu haben. Es ließ sich am 25. April und 9. Mai z. B. bei erhöhter Außentemperatur eine stärkere Schlüpftätigkeit feststellen, obwohl die Bodentemperatur gering war und Niederschläge erfolgten.

Mit dem 1. Mai 1931 setzten mit einem Schlage höhere Temperaturen ein, die Regenfälle ließen nach, erst von hier ab begann das Falterschlüpfen in stärkerem Ausmaß. So kamen gleich am 1. Mai aus den 4 Eulenkästen ebensoviel Falter hervor, als in den vorhergehenden 10 Tagen zu-

[1]) Die Auswahl wurde sehr sorgfältig durchgeführt; Puppen, bei denen Gesundheitszustand bezw. Parasitierung zweifelhaft war, wurden ausgemerzt.

sammen, — ein Beleg dafür, daß die vorausgegangene kalte und niederschlagsreiche Witterung ein Hemmnis für den Schlüpfakt gebildet hatte. Der Höhepunkt des Schlüpfens, das ist der Zeitpunkt des stärksten Erscheinens der Falter, fiel zwischen den 8. und 9. Mai. Von hier ab ließ die Schlüpfintensität nach. Die Abnahme der Tagesergebnisse vollzog sich entsprechend der höheren Temperatur in kürzeren Abständen als das Ansteigen. Bereits am 25. Mai waren fast alle Falter geschlüpft.

E. Meyer (16) hat bei seinen Untersuchungen im Heidecker Befallsgebiet 1930 ebenfalls eine starke Abhängigkeit der Schlüpfstärke von Temperatur und Niederschlägen festgestellt; Schwerdtfeger (20) verneint beim Kiefernspanner einen wesentlichen Einfluß der Witterung auf den Gang des Schlüpfens.

Der allgemeine Ablauf der Schlüpfperiode war infolge der ungünstigen Witterung im April gegenüber dem von Sachtleben (18) als normal bezeichneten um etwa 14 Tage zurück (vgl. Escherich [10] S. 624).

In der Literatur finden sich mehrfach Angaben, daß das Schlüpfen in Beständen, in denen die Bodendecke erst 1—2 Jahre vorher entfernt worden war, infolge des erhöhten Wärmeeinfalles um einige Tage früher erfolgt (siehe Escherich [10] S. 627). Diese Beobachtung wurde 1931 im Lorenzer Reichswald bestätigt. Sie ließ sich auch bei der späteren Eiablage und Raupenentwicklung noch feststellen. Die gleiche Erscheinung beobachtete ich mehrfach in Beständen, die durch vorjährigen Fraß stark gelichtet waren. Schon bei der Kontrolle der Schlüpfkästen trat diese Abhängigkeit in Erscheinung: Kasten II stand nämlich in einem solchen Bestand. In ihm erreichte das Schlüpfen bereits am 6. Mai seinen Höhepunkt und war am 19. Mai abgeschlossen, während die Puppen der übrigen Eulenkästen trotz der verschieden dicken Bodendecke eine ziemlich gleichlaufende und gegenüber Kasten II verzögerte Entwicklung hatten. Der Höhepunkt trat bei ihnen erst zwischen dem 9. und 11. Mai ein. Die letzten Falter schlüpften hier zwischen dem 24. und 28. Mai.

b) Schlüpfzeit von ♂♂ und ♀♀ sowie Geschlechtsverhältnis. Zu Beginn der Schlüpfperiode kamen zuerst die ♂♂ in größerer Anzahl. Wie aus Abb. 4 hervorgeht, wurde bei ihnen die größte Schlüpfintensität bereits einige Tage vor den ♀♀ erreicht. Späterhin blieb die Zahl der geschlüpften ♂♂ dauernd hinter jener der ♀♀ zurück.

Bemerkenswert ist bei der Ausgleichskurve für die männlichen Falter der viel steilere Anstieg auf Grund des plötzlichen Steigens der Temperatur in den ersten Maitagen. Dies deutet darauf hin, daß der zeitliche Unterschied zwischen dem Erscheinen von ♂♂ und ♀♀ jedenfalls bei günstigerer Witterung im April noch größer gewesen wäre. Der Anstieg des weiblichen Falterschlüpfens vollzog sich viel gleichmäßiger. Bei ihnen hatten die langewährenden tiefen Apriltemperaturen noch nicht zur Auslösung des Schlüpfens geführt; die Reifung vollzog sich im allgemeinen erst im Zusammenhang mit dem um die Monatswende erfolgten Temperaturanstieg.

Zufolge der gemessenen Bodentemperaturen liegt die untere für das Zustandekommen des Schlüpfens erforderliche Temperaturgrenze für die ♂♂ bei etwa 5,0°—5,5° C und für die ♀♀ bei 6,0°—6,5° C[1]), d. h. die Falter beginnen in größerer Zahl erst dann zu schlüpfen, wenn mindestens diese Temperaturen längere Zeit einwirken (vgl. Abb. 4). Von sämtlichen geschlüpften Faltern waren 258 ♂♂ und 281 ♀♀. Das Geschlechtsverhältnis betrug also ungefähr 1 : 1,1. Auffallend ist, daß in den Kästen mit erhöhter Sterblichkeit (vgl. unten), das Verhältnis von Männchen zu Weibchen ausgeglichener ist. (1 : 1,02 bezw. 1 : 1,06), während in jenen mit geringer Mortalität die Weibchen stärker überwiegen. (1 : 1,12 bezw. 1 : 1,2). Es ist also möglich, daß die weiblichen Falter gegenüber Klimaeinflüssen wenigstens während der Schlüpfperiode empfindlicher sind als die Männchen.

c) Sterblichkeit der Puppen. Der zahlenmäßige Vergleich zwischen der Anzahl in die Kästen eingelegter Puppen und dem Schlüpfergebnis ließ interessante Schlüsse auf die Sterblichkeit im Laufe der Schlüpfperiode zu.

In den Kästen III und IV schlüpften bei einer Einlage von je 100 Puppen 123 bezw. 116 Falter. Die Zahl der ursprünglich in der Bodenstreu liegenden Puppen betrug nach Untersuchungen des Bodens in der Nähe der Kästen zwischen 10 und 30 Stück je Quadratmeter (vgl. Tab. II), die Sterblichkeit kann demnach nur ganz gering gewesen sein. In Kasten II und V dagegen schlüpften bei Einlage von 200 bezw. 150 Puppen nur 162 bezw. 138 Falter. Die Mortalität muß also bei Berücksichtigung der vorher schon in der Streu gelegenen Puppen in II mindestens 25%, in V mindestens 15% betragen haben (Tab. II). Auch Meyer (16) fand bei ähnlichen Untersuchungen, daß in einem seiner drei Kästen nur 64% der Puppen (berechnet vom Verf.) schlüpften. Der Standort dieses dritten Kastens hatte eine dünnere Streudecke als die beiden anderen und jedenfalls damit zusammenhängend stärkere Temperaturschwankungen und bisweilen eine unter 100% sinkende relative Feuchtigkeit. Zwölfers (23) Laboratoriumsversuche haben eine hohe Empfindlichkeit der Puppen gegen relative Feuchtigkeitsgrade unter 100% ergeben. Meyer glaubt aber den starken Abgang in diesem Kasten nicht allein auf Vertrocknung zurückführen zu können, da das Absinken der relativen Feuchtigkeit niemals längere Zeit dauerte.

Bei meinen Untersuchungen war eigenartiger Weise die Sterblichkeit in Kasten III, in dem sich nur eine ganz dünne Nadelstreu und außerdem ein kleines Ameisennest befand, nur ganz unbedeutend.

---

[1]) Auf Grund experimenteller Untersuchungen gibt Zwölfer (23) S. 509 als Grenzwert der wirksamen Temperaturen für das Schlüpfen der Falter 5,8° C an. Da er hierbei ♂♂ und ♀♀ zusammenfaßte, deckt sich sein Ergebnis gut mit vorstehendem Freilandbefund, wenn berücksichtigt wird, daß das Geschlechtsverhältnis der Eule 1 : 1 ist.

Tabelle II.

Standorts- und Bodenverhältnisse, sowie Sterblichkeit in den mit Forleulen belegten Schlüpfkästen.
(1931, Lorenzer Reichswald.)

Nr. des Schlüpfkastens	Standort			Bodenverhältnisse				Puppenbelag		Puppen geschlüpft			Abgestorbene Puppen gefunden	Sterblichkeit	Parasiten geschlüpft		Bemerkungen
	Alter	Holzarten	Schlußgrad in Zehntel	Mineral. Untergrund	Rohhumusbelag	Streuhöhe	Bodenpflanzen	vorher im Boden im Durchschnitt	Einlage Mitte April	♂♂	♀♀	insgesamt			Ernestia rudis	Ichneumoniden (verschiedene Arten)	
	Jahre				cm	cm		Stück	Stück	Stück	Stück	Stück	Stück		Stück	Stück	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
II	35	Fohren	0,7	fein- bis mittelkörniger Sandboden	2–3	3–5	Moos, Gras, Heidelbeere	10–30	200	80	82	162	5	mindestens 25 %	40	11	Im Kasten ein kleines Ameisennest
III	ca 80	Fohren mit einzelnen Fichten	0,7	etwas lehmiger Sandboden	3–4	3–4	Beerkraut, Moos, etwas Fichtenanflug	10–30	100	58	65	123	1	gering	55	13	desgl.
IV	ca. 80	Fichten und Fohren	0,8	etwas lehmiger Sandboden	—	2	ohne Pflanzen; Nadel- und Aststreu	10–20	100	53	63	116	7	gering	72	2	
V	25	Fohren	0,9	fein- bis mittelkörniger Sandboden	3–4	3	Moos, Heidelbeere	8–12	150	67	71	138	1	mindestens 14 %	30	5	

Eine Beeinflussung durch größere gegenseitige Beengung in den Kästen mit erhöhter Sterblichkeit (200 und 150 Puppen gegenüber je 100) kann wohl kaum angenommen werden. Auch beim Vergleich der Bodentemperaturen in den einzelnen Kästen ergeben sich gerade für die Fälle, in denen die größere Sterblichkeit herrschte, keinerlei Anhaltspunkte; die Bodendecke war hier dichter und daher infolge des erhöhten Verdunstungs- und Wärmeschutzes günstiger als in den anderen Kästen (vgl. Tab. II). Der einzige wesentliche Unterschied, der beobachtet werden konnte, liegt bei der physikalischen Zusammensetzung des mineralischen Untergrundes: In den Kästen mit geringer Sterblichkeit war der Boden etwas lehmiger, d. h. wasserundurchlässiger als in den anderen. Diese Beobachtung spricht dafür, daß eine höhere Sterblichkeit vor allem auf eine Vertrocknung zurückzuführen ist. Es scheint demnach, daß nicht allein die Ausbildung der Bodendecke für die Vertrocknungsgefahr maßgebend ist, sondern auch der mineralische Untergrund hierbei eine Rolle spielen kann.

d) Praktische Schlußfolgerungen: Die tägliche Schlüpfkastenkontrolle bezweckte die rechtzeitige Vorausbestimmung des Bekämpfungsbeginnes. Die Einlage und die ungefähre Zahl der vorher in den Schlüpfkästen vorhandenen Puppen war bekannt. Als Höhepunkt des Schlüpfens mußte der Tag angenommen werden, an dem 50% der Falter geschlüpft waren (8. Mai 1931: 45%, 9. Mai: 58%!). — Der Höhepunkt der Eiablage konnte bei den im Mai herrschenden Temperaturen etwa 14 Tage nach dem des Falterschlüpfens erwartet werden (vgl. Escherich [10], S. 634; Zwölfer [23], S. 519). Wird dazu die Entwicklungsdauer des Eies bei normaler Maiwitterung mit ca. 10 Tagen angenommen (nach Zwölfer [23], siehe Escherich [10], S. 642) und werden noch 5—6 Tage der Eiräupchen-Entwicklung hinzugerechnet, so ergibt dies insgesamt etwa vier Wochen.

Der theoretisch günstigste Termin für den Bekämpfungsbeginn war also ungefähr der 5.—6. Juni. Dementsprechend wurde der Beginn der Flugzeugbestäubung im Lorenzer Reichswald auf den 5. Juni 1931 festgesetzt, was sich im weiteren Verlauf der Beobachtungen auch als durchaus richtig erwies. Die Methode der Schlüpfkastenbeobachtung mit einer bekannten Puppenzahl ist demnach zur rechtzeitigen Vorausbestimmung des Termins für einen Bestäubungsbeginn gut geeignet.

Weiterhin lehrte diese Art der Schlüpfbeobachtung, daß ein hoher und dichter Streubelag innerhalb eines Bestandes nicht immer günstige Verpuppungsverhältnisse aufweist. Auch zeigte sie, daß die Sterblichkeit gerade kurz vor dem Schlüpfen unter Umständen noch recht erheblich sein kann.

Erwähnt sei noch, daß nach den Ergebnissen aus den Schlüpfkästen mit geringerer Sterblichkeit hervorgeht, daß meist mehr Puppen im Boden liegen, als auch bei gründlicher Nachsuche festgestellt werden. Die genaue zahlenmäßige Erfassung wurde dadurch erschwert, daß die abgestorbenen Puppen nachträglich nur mehr zum Teil aufzufinden waren, da sie sich sehr rasch zersetzen oder sonstwie zerstört werden (vgl. Tab. II).

Das Schlüpfen der Eulenparasiten: Wie im Eruptionsjahr jeder Forleulenkalamität, so spielten auch die Parasiten im Reichswald 1931 eine zahlenmäßig sehr bedeutsame Rolle. Besonders die Eulentachine *Ernestia rudis* Fall. hatte sich bereits so stark vermehrt, daß im großen ganzen auf einen Eulenfalter mindestens zwei Tachinen trafen. Das Zahlenverhältnis betrug nach den Ergebnissen der Schlüpfkästen: Falter : Tachinen : Ichneumoniden = 30 : 60 : 10.

Von den Tachinen konnte immer nur die einzige Art *Ernestia rudis* beobachtet werden. Ihr Schlüpfen begann etwa einen Monat nach dem der Eulenfalter und erfolgte entsprechend der hohen Temperaturen der zweiten Maihälfte sehr geschlossen und innerhalb der kurzen Zeit von 16 Tagen (16.—31. Mai). Den Höhepunkt erreichte das Schlüpfen am 23. Mai (vgl. Abb. 4). Auch hier erfolgte das Schlüpfen in einer gewissen Abhängigkeit von der Temperatur und den stärkeren Niederschlägen.

Bemerkenswert ist die Zahl der aus den Eulenkästen, in die keine Tachinentönnchen eingelegt worden waren, gezogenen Tachinen. Sie schwankte in den einzelnen Kästen zwischen 30 und 72 Stück, war also stets um ein Vielfaches höher als der ursprüngliche Belag an Eulenpuppen (vgl. Tab. II). Auffällig ist, daß gerade in dem Kasten, in dem sich die niedrigste Streuhöhe ohne jede Pflanzendecke befand, die meisten Tachinen geschlüpft sind (vgl. die analogen Beobachtungen bei den Eulenfaltern, S. 179).

Die einzelnen Ichneumoniden schlüpften je nach der speziellen Art 10—20 Tage später — Ende Mai bis Anfang Juni.[1])

Es handelte sich im Reichswald 1931 hauptsächlich um drei verschiedene Arten; am weitaus häufigsten war *Ichneumon pachymerus* Htg., in größerer Zahl trat auch *Aphanistes armatus* Wesm., als drittstärkste Art *Exochilum circumflexum* L. auf. Vereinzelt wurde *Meteorus albiditarsis* Curtis, *Tycholomnus scaber* Grav. und *Ichn. bilunulatus* Grav. festgestellt. Von den häufiger auftretenden Arten schlüpfte *Aphanistes armatus* zuerst. Es folgte *Ichneumon pachymerus*, als letzte erschien *Exochilum circumflexum* L.

Das Schlüpfen dauerte bei *Aphanistes* vom 27. Mai bis 10. Juni, bei *Ichneumon pachymerus* vom 28. Mai bis 13. Juni. Den Höhepunkt des Schlüpfens erreichte *Aphanistes* am 31. Mai, *Ichneumon pachymerus* am 3. Juni (vgl. Abb. 4). *Exochilum circumflexum* erschien in den Tagen vom 13. bis 15. Juni.

Die sonst bei der Forleule häufig beobachtete Ichneumonidenart *Banchus femoralis* Thoms. wurde aus den Kästen nicht gezogen und auch im Freiland weniger bemerkt.

Die Eulentachinen und die einzelnen Ichneumonidenarten begannen ebenso wie die männlichen und weiblichen Eulenfalter erst bei einer ganz bestimmten Bodentemperatur zu schlüpfen: Bei *Ernestia rudis* etwa 10—11° C, bei *Aphanistes armatus* bei etwa 13—14° C, bei *Ichneumon pachymerus* 15—16° C, bei *Exochilum circumflexum* 16 bis 16,5° C (vgl. Abb. 4).

Abbildung 4 gibt die Schlüpfperioden der Eulenfalter und ihrer Parasiten nach dem Schlüpfkastenergebnissen in der eingangs beschriebenen Darstellungsweise im Zusammenhang wieder. Zum Vergleich sind in ihr auch die Höhepunkte der Eiablage und der einzelnen Raupenstadien der Forleule ihrem zeitlichen Eintreten gemäß (vgl. unten) angedeutet. Darnach fiel der Höhepunkt des Tachinenschlüpfens zwei Tage nach dem der Euleneiablage. Da die Entwicklung bei *Ernestia rudis* nach Prell (17) etwa drei Wochen beträgt, sollte die hauptsächlichste Parasitierung durch die Eulentachine Mitte Juni, d. h. ins mittlere Zwei- und Dreihäuter-Stadium der Eulenraupe gefallen sein. Nach meinen Freilandbeobachtungen war jedoch die Entwicklungszeit bei *Ernestia* kürzer. Die Parasitierung erfolgte im großen Ausmaße bereits an Ein- und Zweihäutern (erste Junihälfte); von der Hauptschwarmzeit, die in die letzte Maiwoche fiel, bis zur hauptsächlichsten Parasitierung verstrichen nur 14—16 Tage, wobei allerdings bemerkt werden muß, daß die

[1]) Herrn Rechtsanwalt Dr. Bauer, Goslar, der in liebenswürdiger Weise die Bestimmung der einzelnen Arten übernahm, sei hierfür der ergebenste Dank ausgesprochen.

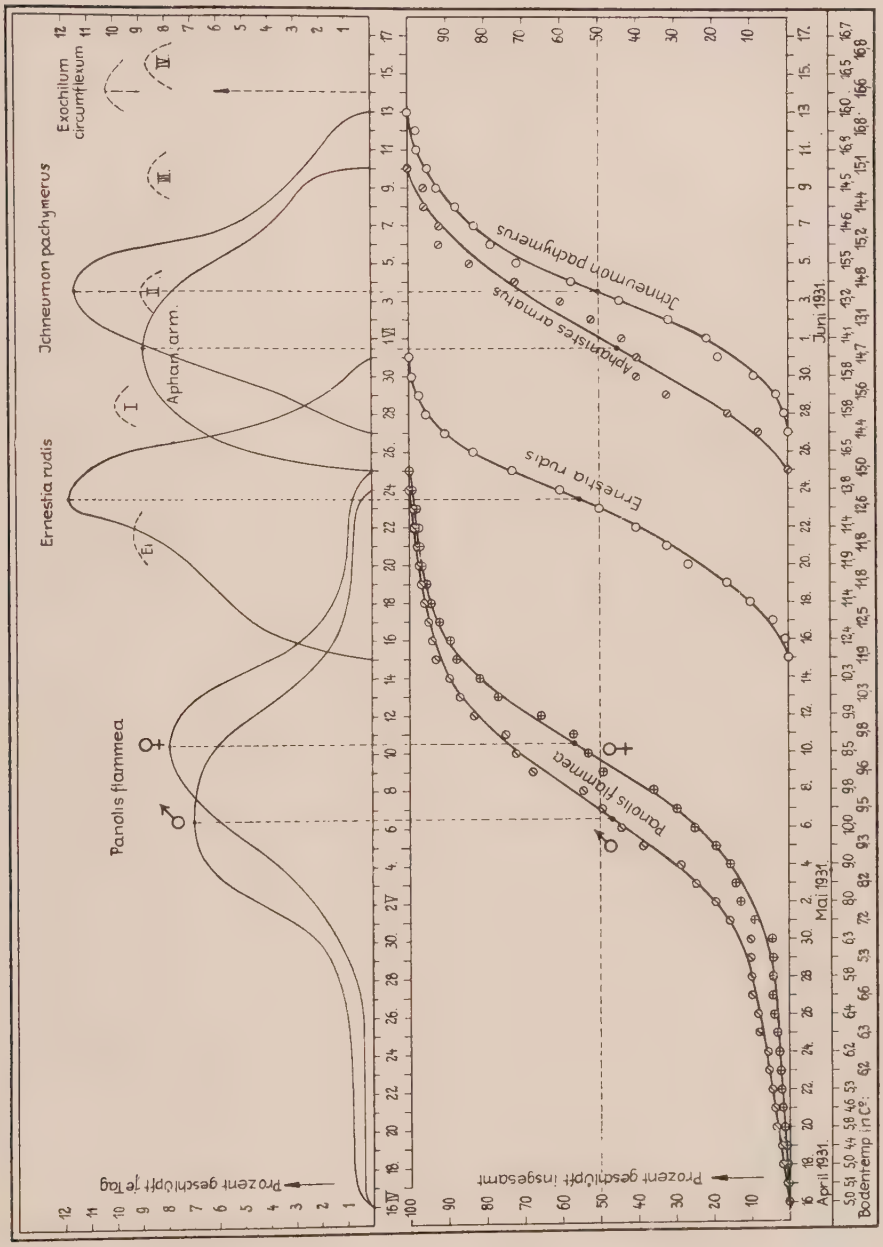


Abb. 4. Schlüpfperiode der ♂♂ und ♀♀ von *Panolis flammea*, *Ernestia rudis* und der häufigeren Ichneumoniden. Unten die addierend aufgetragenen Beobachtungswerte mit Ausgleichslinie, oben die daraus gebildeten ausgeglichenen Entwicklungskurven. Zur Vervollständigung sind die Höhepunkte der späteren Eulenstadien (Ei und Larve I bis IV, vgl. Abb. 5) angedeutet.

Witterung gerade während dieser Zeit besonders günstig — heiß und fast niederschlagsfrei — war.

Das Hauptauftreten von *Aphanistes armatus* war zwischen der mittleren Eiräupchen- und Einhäuterzeit, das von *Ichneumon pachymerus* traf ziemlich genau mit dem mittleren Einhäuterstadium der Forleule zusammen. *Exochilum circumflexum* schlüpfte 1 bis 2 Taeg vor dem Höhepunkt des Dreihäuterstadiums.

Das Auftreten der Eulenparasiten war 1931 im Reichswald der Entwicklung des Wirtes gut angepaßt. Die Tachinen, die noch eine längere Zeit der Eireife durchmachen müssen, erschienen entsprechend früher als die Ichneumoniden, die zum Teil ja auch auf später erscheinenden Raupen schmarotzen.

II. Schwarmzeit.

Die Beobachtungen des Falterfluges ergaben 1931 im Reichswald nicht immer das eindrucksvolle Bild, das man nach Beschreibungen früherer Massenvermehrungen hätte erwarten sollen. Das Schwärmen erfolgte vielmehr entsprechend dem in die Länge gezogenen Falterschlüpfen stark wechselnd und vereinzelt, besonders da auch noch während der Schwarmzeit Temperaturen und Feuchtigkeit stärkere Schwankungen aufwiesen.

Die ersten Falter flogen bereits Mitte April, doch blieb das Schwärmen im April noch ziemlich schwach. Eine zusammenhängende Reihe von ausgesprochenen Flugtagen bildete nur die Zeit vom 4. bis 11. Mai. Später war das Schwärmen trotz höherer Temperatur nur noch an gewissen Tagen und auch dann nicht in allen Beständen einheitlich zu beobachten; der Höhepunkt der Schwarmzeit fiel etwa in die Mitte der ersten Maihälfte (7. bis 9. Mai). Der letzte stärkere Flug wurde am 24. Mai beobachtet. Von da flogen nur noch vereinzelte Falter; die letzten lebenden Eulenfalter wurden Mitte Juni angetroffen.

Die während der Hauptschwarmzeit herrschenden Temperaturen schwankten sehr stark. Im Extrem lagen sie zwischen 3,8° und 14° C. Das Schwärmen wird demnach durch niedrige Temperaturen nicht völlig verhindert (vgl. auch Escherich [10] S. 631).

Aus dem täglichen Beginn des Schwärmens ließ sich ein Temperatureinfluß deutlich feststellen: An kalten Abenden vollzog sich der Flug früher, 19^{30} bis 20^{h}, an wärmeren, schwülen Tagen später, etwa 19^{45} bis $20^{30\,h}$.

Zwischen Beständen mit höherem und solchen mit niedrigerem Puppenbelag herrschte im Eruptionszentrum des Reichswaldgebietes kein auffälliger Unterschied in der Stärke des Falterfluges. So wurde an verschiedenen Stellen beobachtet, daß in Beständen, in denen im Laufe des Winters die Bodenstreu entfernt und dadurch die Puppen zum größten Teil vernichtet worden waren, die Falter ebenso zahlreich flogen wie in den umliegenden Teilen.

Der allgemeine Eindruck über den Ablauf der Flugperiode war, daß sich durch ihn eine exakte Feststellung des Gefahrengrades für den einzelnen Bestand nicht durchführen ließ; hierzu mußten erst genaue Eibelagsuntersuchungen angestellt werden.

Anhangsweise seien hier noch einige Beobachtungen über die Schwarmzeit der Parasiten mitgeteilt. Das Schwärmen der Tachinen *Ernestia rudis* fiel in eine klimatisch günstigere Epoche und erfolgte entsprechend ihrem Schlüpfen einheitlich und innerhalb sehr kurzer Zeit. Hauptflugzeit war die zweite Maihälfte, später nahm die Intensität rasch ab; in der letzten Juniwoche konnten nur noch vereinzelte lebende Tachinen angetroffen werden.

Die Hauptschwarmzeit von *Anthrax morio* L., der 1931 in größer Menge auftrat, war die letzte Juniwoche.

Für die einzelnen Schlupfwespenarten konnte eine eigene Schwarmzeit nicht ausgeschieden werden; sie flogen kurz hinter- und nebeneinander entsprechend ihrem Erscheinen von Ende Mai ab den ganzen Juni hindurch bis in Juli hinein, als die Eulenraupen schon ziemlich alle zugrunde gegangen waren.

III. Der Eibelag.

a) Periode der Eiablage. Die ungünstigeren Klimaverhältnisse des Reichswaldgebietes gegenüber den trockeneren und wärmeren Gegenden bei Heideck wirkten sich nicht allein in der Verschleppung der ganzen Gradation um ein Jahr aus, sie waren auch 1931 die Ursache für eine oft ziemlich beträchtliche Verzögerung der Entwicklung innerhalb derselben Generation. So wurde bei Heideck bereits Mitte April 1931 Eiablage festgestellt. Auf einem im Reichswaldgebiet Anfang Mai gefällten Probestamm hingegen konnten erst ganz wenige noch ziemlich unentwickelte Eigelege gefunden werden. Am 10. Mai ergab eine in demselben Waldteil vorgenommene Untersuchung eines Probestammes einen Eibelag von 52 Stück, am 15. Mai von 86 Stück (vgl. Tab. III), was immer erst etwa 10% der Gesamtablage entsprach. Trotzdem waren bereits in den beiden letzten Fällen aus einigen Eiern die Räupchen geschlüpft, die übrigen wiesen durch ihre verschiedene, vom gelbgrün bis ins dunkelviolett spielende Färbung alle Reifestufen auf. Die Eiablage erfolgte also in der ersten Maihälfte entsprechend dem anfänglich recht spärlichen Falterschlüpfen trotz günstiger Witterungsverhältnisse (mittlere Tagestemperatur zwischen 10° und 15° C, geringe Niederschläge) nur recht vereinzelt.

Erst von Mitte Mai ab vollzog sich die Eiablage in größerem Umfange; um den 21. Mai erreichte sie bereits ihren Höhepunkt und war mit dem Monatsende so ziemlich abgeschlossen. Von dem Zeitpunkt, an dem die meisten ♀♀ schlüpften, verstrichen bis zum Höhepunkt der Eiablage etwa 11, bei den ♂♂ etwa 15 Tage (vgl. Escherich [10] S. 634). In Tabelle III sind die Ergebnisse der Eiablagskontrolle im Forstamt Feucht zusammengestellt. Sie enthält auch den ungefähren prozentmäßigen Anteil der am Untersuchungstermin bereits geschlüpften Eier an der Gesamtablage (Spalte 8 und 9, vgl. auch Abb. 5).

Die Hauptzeit der Eiablage fiel in eine Regenperiode (19.—22. Mai mit 39 mm Niederschlag). Inwieweit sie sich auf die Gesamtzahl der abgelegten Eier auswirkte, ist aus den späteren Ausführungen (S. 190 und Tab. VI) zu ersehen. Eine zeitliche Verschiebung der Legeperiode durch diese Witterungsverhältnisse konnte jedenfalls nicht festgestellt werden.

b) Eibelag in den einzelnen Beständen. Ab 27. Mai 1931 nahm die Zahl der Eier in den Beständen nur mehr ganz unbedeutend zu, von diesem Zeitpunkt an wurden sämtliche bedrohten Kiefernwälder des Lorenzer Reichswaldes nach ihrem Eibelag untersucht. Der Hauptzweck war die Ermittlung der Kahlfraßgefahr und der Bestäubungsreihenfolge.

Tabelle III.

Ergebnisse der Probestammfällungen zur Ermittlung der Eiablage-Periode im Mai 1931. (Forleule, Lorenzer Reichswald.)

Nr.	Datum (Mai 1931)	Waldort	Bestandsalter Jahre	Eibelag des Durchschnittsstammes nach Beendigung der Ablageperiode Stück	Gefundene Eier auf einem Probestamm		Davon waren bereits geschlüpft	
					Stück	In % der Gesamtablage (ungefähr)	Stück	In % der Gesamtablage (ungefähr)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3. V.	Gsteinacherweg e.	35	800—1100	9	**1**	0	—
2	10. V.	Gsteinacherweg e.	35	800—1100	52	**5**	8	**1**
3	15. V.	Schwarzwasser c^1.	27	800—1000	86	**10**	17	**2**
4	17. V.	Gsteinacherweg e.	35	800—1100	193	**20**	54	**5**
5	19. V.	Schwarzwasser c^1.	27	800—1000	303	**35**	70	**8**
6	21. V.	Ob. Wald . . .	20	400—500	235	**50**	46	**10**
7	22. V.	Schwarzwasser c^1.	27	800—1000	557	**60**	112	**12**
8	23. V.	Hermannswald . .	22	400—600	314	**70**	77	**15**
9	23. V.	Gsteinacherweg e.	35	800—1100	685	**70**	164	**17**
10	27. V.	Schwarzwasser c^1.	27	800—1000	810	**95**	327	**40**
11	27. V.	Jägersruh b. . .	28	1100—1300	1175	**95**	446	**36**
12	28. V.	Steinbruch a . .	43	600—800	661	**95**	408	**45**

Daneben lieferten diese Eizählungen auch interessante Ergebnisse über den Zusammenhang von Puppen- und Eibelag, Streuentnahme, Zahl der von 1 Weibchen abgelegten Eier, Überflug usw. Bei diesen Eizählungen, über deren Ausführung schon eingangs gesprochen wurde, mußte in der Regel für einen Bestand bezw. einheitlichen Bestandesteil die gründliche Untersuchung eines einzigen Probestammes genügen. Da ich mich an den Eisammlungen nach Möglichkeit persönlich beteiligen wollte und auch die Auszählung und Sortierung der Eier selbst vornahm, durfte bei der knappen hierfür in Betracht kommenden Zeit kein größerer Aufwand für den einzelnen Bestand gemacht werden.

Je höher der Anteil an geschlüpften Eiern im Verhältnis zu den ungeschlüpften wird, um so schwieriger gestaltet sich die Eizählung. Da jedoch nach Meyer u. a. die Eiablage im Eruptionsjahr im ganzen Bestand ziemlich gleichmäßig proportional zur Nadelmasse erfolgt, was ich auch im Reichswald bei einem gründlicher untersuchten Bestand feststellen konnte (Schwarzwasser c, Forstamt Feucht), wird das Ergebnis nicht allzusehr von den wirklichen Verhältnissen abweichen. Es wird daher auch kein allzu großer Fehler entstanden sein, wenn zu Probestämmen bei der Eibelagskontrolle nicht immer vollbenadelte Durchschnittsstämme, sondern häufig etwas schwächer benadelte gewählt wurden; ihr Verhältnis zum Durchschnitt ließ sich mit ziemlicher Genauigkeit schätzen und danach

Tabelle IV.

Auszug aus den Probestammuntersuchungen zur Ermittlung des Eibelages und des Schlüpfens der Eiraupen im Mai/Juni 1931.
(Forleule, Lorenzer Reichswald.)

Nr.	Datum (1931)	Waldort: Abteilung	Waldort: Forstamt bezw. Außenstelle	Bestandsalter Jahre	Nadelmasse des Probestammes im Vergleich zum Durchschnitt	Gefundene Eier: gesund: Gesamtzahl	gesund: davon geschlüpft: Stck.	gesund: davon geschlüpft: %	abgestorben: Stck.	abgestorben: %	Gesunde Eier pro Durchschnittsstamm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	29. V.	Weißensee b . .	Feucht	41	1/1	1277	703	**55**	57	4,3	1300—1500
2	29. V.	Am Königsbaum b	„	28	1/1	1385	794	**57**	68	4,7	1400—1600
3	29. V.	Langenweg f . .	Nürnberg-Süd	27	3/4	772	393	**51**	8	1,0	1000—1200
4	29. V.	Südl. Langwasser d	„ „	33	1/1	1060	662	**62**	12	1,1	1000—1200
5	30. V.	Teufelsbackofen a .	„ „	55	1/1	1048	669	**64**	17	1,6	1000—1200
6	30. V.	Grünängerlein i .	Feucht	45	2/3	234	145	**62**	12	4,9	300—500
7	31. V.	Feuchterweg c . .	Wendelstein	34	2/3	647	486	**75**	16	2,4	900—1200
8	1. VI.	Anlage b . . .	Feucht	45	2/3	682	490	**72**	42	5,8	1000—1300
9	1. VI.	Östl. Heuweg b .	„	32	2/3	845	701	**83**	17	2,0	1300—1500
10	1. VI.	Wolfszagel e . .	„	28	2/3	631	565	**90**	12	1,9	1000—1200
11	2. VI.	Segersweg b . .	„	46	1/2	186	155	**83**	5	2,6	300—400
12	2. VI.	Langenlohe d . .	Wendelstein	45	4/5	714	581	**81**	37	4,9	900—1200
13	2. VI.	Hohes Brücklein b	„	31	2/3	155	140	**90**	12	7,2	250—350
14	2. VI.	Königslach c . .	„	63	3/5	423	344	**81**	35	7,6	700—900
15	3. VI.	Kummer f . . .	„	38	1/1	1326	1182	**89**	55	4,0	1400—1600
16	3. VI.	Hutweg a . . .	„	36	1/1	2296	2092	**91**	102	4,3	2300—2600
17	3. VI.	Schmiedweiher e .	„	27	3/5	780	709	**91**	44	5,3	1300—1600
18	3. VI.	Gsteinacherweg a .	Feucht	39	1/1	844	748	**89**	9	1,1	800—1100
19	5. VI.	Hänge a	„	29	2/3	648	612	**94**	21	3,1	900—1200
20	8. VI.	Neuerwald c . .	Altdorf	30	1/2	339	328	**97**	36	9,6	700—900
21	9. VI.	Eichenloh f. . .	„	30	2/3	251	251	**100**	6	2,3	400—600

die durchschnittliche Eizahl je Stamm berechnen. Im einzelnen ist dies Auswertungsverfahren aus Tabelle IV ersichtlich. In ihr ist auch der jeweilige Anteil an geschlüpften Eiern in Prozenten dargestellt (Sp. 9). Diese Werte ergaben zusammen mit denen in Tabelle III Spalte 9 die graphische Darstellung für den allgemeinen Ablauf der Schlüpfperiode der Eiräupchen (vgl. Abb. 5).

Danach begannen die Eiräupchen Mitte Mai zu schlüpfen, zwischen dem 28. und 29. Mai hatten bereits 50% die Eischale verlassen. Von Anfang Juni ab konnten im eigentlichen Eruptionsgebiet ungeschlüpfte Eier nur noch selten beobachtet werden, an seinen Rändern vollzog sich die Entwicklung etwas später (Forstamt Altdorf).

Die Sterblichkeit war im Eistadium nicht allzu groß. Sie nahm im Laufe der Periode zu. Anfänglich war sie praktisch unbedeutend und betrug höchstens 1—2%. Später stieg sie auf etwa 3—6% an, in einzelnen Beständen bis 10%.

Der Eiparasit *Trichogramma evanescens* Westw. wurde selten festgestellt; die meisten Eier sind wohl durch klimatische Ursachen zugrunde gegangen. Die Zunahme der Sterblichkeit gegen das Ende der Eiperiode stimmt mit den Laboratoriums-Beobachtungen von Zwölfer (23) überein.

c) Verhältnis vom Puppen- zum Eibelag. Aus den Ergebnissen der Puppenbelagsuntersuchungen im Frühjahr kann man für einen Bestand den voraussichtlichen Eibelag theoretisch berechnen. In Tabelle V ist dies für eine Reihe von Beständen des Lorenzer Reichswaldes durchgeführt. Bei der Umrechnung von Puppen je Quadratmeter auf Eier pro Durchschnittsstamm mußte vor allem dessen „Standraum", d. h. das Verhältnis der Stammzahl zur Bodenfläche, berücksichtigt werden. Das Geschlechtsverhältnis wurde als 1:1 angenommen, als normale Reduktion noch nach der letzten Puppensuche im Puppen- bezw. Falterstadium 30% abgezogen. Unter Berücksichtigung der Witterungsverhältnisse wurde bei dieser Rechnung als Zahl der von einem Weibchen abgelegten Eier 130 Stück (mit Zwölfer 23) eingesetzt.

Zum Vergleich sind in Tabelle V die durch die Eizählungen ermittelten Durchschnittszahlen des wirklichen Eibelages angegeben. Die beiden Werte stimmen oft gut miteinander überein; häufiger jedoch weicht der wirkliche Eibelag mitunter sogar recht beträchtlich von dem „theoretischen" ab. Die nämliche Erfahrung findet sich bereits mehrfach in der Literatur erwähnt. Die Gründe hierfür können verschiedener Art sein: nach meinen im Reichswald gesammelten Erfahrungen sehe ich die hauptsächlichsten Ursachen in der Unsicherheit der Puppensuche, in dem im Eruptionsjahr erfolgenden Ausgleich in den Belagsstärken nebeneinander liegender Bestände bei der Eiablage und zum Teil auch in der vorher nicht erfaßbaren verschiedenen Sterblichkeit, die noch nach der Puppensuche eintritt (vgl. oben).

Umfassende Streuuntersuchungen haben erneut gezeigt, daß die Puppen an gewissen Stellen gehäuft, an anderen nur sehr vereinzelt in der Streu, mitunter auch im mineralischen Boden liegen (vgl. Escherich [10] S. 734), so daß mit den abgesuchten Probeflächen der wirkliche Durchschnitt des Bestandes nicht immer richtig erfaßt sein dürfte.

Daß während der Schwarmzeit der Falter gerade im Eruptionsjahr einer Kalamität durch den Überflug noch ein Ausgleich in der Belagsstärke erfolgen kann, ist ebenfalls in der Literatur mehrfach (siehe Escherich [10] S. 684) angegeben und bestätigte sich auch 1931 im Reichswald. So wurde in einer Reihe von Beständen, in denen im Laufe des Winters die Streu bis auf den nackten Boden und mit ihr die meisten

Tabelle V.

Berechnung der theoretischen Eizahl aus dem Puppenbelag, Vergleich mit dem wirklichen Eibelag und Ermittlung der Bekämpfungsreihenfolge (nach Eizahl und Ausbildung der Benadelung) für einige Bestände des Lorenzer Reichswaldes. (Forleule, 1931.)

Nr.	Waldort: Abteilung	Waldort: Forstamt bezw. Außenstelle	Bestandesalter	Standraum d. Durchschnitts-Stammes	Gesunde Puppen je qm, Frühjahr 1931	Falter je Stamm: Insgesamt	Falter je Stamm: Gesunde Weibchen (mit 30% Reduktion)	Theoret. Eizahl je Stamm (130 Stück je ♀)	Wirkliche Eizahl je Stamm im Durchschnitt	Benadelung des Bestandes	Sichtbarer Fraß des Vorjahres	Bestäubungsdringlichkeit
			Jahre	qm	Stück	Stück	Stück	Stück	Stück			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Kuchelhammerweg . . .	Wendelstein	31	2,6	1	2,6	0,9	**100**	**2300**	mittel	Lichtfraß	vordringlich
2	Kummer a	„	29	2,6	2	5,2	1,8	**250**	**1600**	mittel-gering	„	
3	Königslach c	„	63	6,4	7	44,8	15,7	**2050**	**800**	mittel	Lichtfraß mit etwas Kahlfraß	
4	Südl. Leimbühl d . . .	Feucht	27	3,5	18	63,0	22,0	**2850**	**1450**	gering	Naschfraß	
5	Unt. Wolfshof d . . .	Nürnberg-Ost	52	5,6	3	16,8	5,9	**750**	**2450**	mittel	etwas Naschfraß	
6	Wurzelweg a	„	38	4,6	7	32,2	11,3	**1450**	**900**	gering	Nasch- u. Lichtfraß	notwendig
7	Schwarzgraben f . . .	„	38	3,4	1	3,4	1,2	**150**	**1400**	„	etwas Naschfraß	
8	Schwaigerau c	Röthenb. a. P.	42	4,6	10	46,0	16,1	**2100**	**2200**	mittel	ohne	
9	Langenlohe d	Wendelstein	45	5,4	5	27,0	9,5	**1250**	**1050**	gering	etwas Naschfraß	
10	Nördl. Leimbühl c . .	Feucht	36	5,0	6	30,0	10,5	**1350**	**1650**	mittel	„ „	
11	Östl. Heuweg b . . .	„	32	4,3	7	30,0	10,5	**1350**	**1400**	„	„ „	
12	Teufelsbackofen a . . .	Nürnberg-Süd	58	6,0	(14)	Streu entfernt		(**4150**)	**1100**	„	„ „	
13	Schwarzwasser c¹ . . .	Feucht	28	3,8	10	38,0	13,3	**1750**	**900**	mittel-gering	„ „	
14	Wolfszagel e	„	28	3,6	6	21,6	7,9	**1050**	**1100**	kräftig	„ „	
15	Wurzelweg c	„	25	3,0	9	27,0	9,4	**1200**	**700**	mittel-gering	ohne	
16	Breitelohe c	Nürnberg-Ost	32	4,2	7	29,4	10,3	**1350**	**600**	mittel	Naschfraß	zweifelhaft
17	An der Straße f . . .	Feucht	25	2,5	8	20,0	7,0	**900**	**600**	„	ohne	
18	Ludergraben f	Altdorf	39	4,8	5	24,0	8,4	**1100**	**1100**	kräftig	„	
19	Glasersberg d	Wendelstein	57	5,8	10	58,0	20,3	**2650**	**150**	mittel-gering	Naschfraß	
20	Neuerwald c	Altdorf	30	3,4	3	10,2	3,6	**450**	**800**	kräftig	ohne	
21	Sulz c	Nürnberg-Süd	28	3,3	6	19,8	6,9	**900**	**400**	mittel	„	ohne Gefahr
22	Wurzelweg i	Feucht	46	3,7	8	29,6	10,5	**1350**	**70**	kräftig	„	

Eulenpuppen entfernt worden waren, der nämliche hohe Eibelag festgestellt wie in den angrenzenden Waldteilen (Nr. 12 der Tab. V). Weiterhin sprechen verschiedene Beobachtungen dafür, daß unter nebeneinander liegenden Waldungen gewisse Bestandestypen ziemlich unabhängig von ihrem Puppenbelag wenigstens im Eruptionsjahr stärker oder schwächer mit Eiern belegt werden, je nachdem sie bezüglich ihrer Nadelmasse, Nadelverfassung, Reife der Maitriebe usw. für die Eiablage mehr oder weniger günstig sind: So wurde in zwei puppenarmen Beständen des Forstamtes Nürnberg-Ost (Nr. 5 und 7 der Tab. V) ein sehr hoher Eibelag festgestellt, während er in den angrenzenden Waldteilen (Nr. 6 der Tab. V) trotz höherer Puppenzahl weit geringer war.

Auf größeren Waldgebieten allerdings pflegen sich diese Bestandesunterschiede im allgemeinen wieder auszugleichen. In Tabelle VI habe ich die Durchschnittswerte des theoretischen und wirklichen Eibelages eines Stammes für ganze Forstamts- bezw. Außenstellen-Bezirke berechnet. Abgesehen vom Forstamt Feucht und Altdorf, wo besondere Verhältnisse vorlagen, stimmen die theoretischen Eibelagszahlen (nach Zwölfer unter normalen Witterungsverhältnissen etwa 130 Stück je Weibchen) recht gut mit den wirklichen überein. Daß im Forstamt Feucht sich ein zu hoher theoretischer Eibelag ergab, hängt damit zusammen, daß hier auch eine Reihe von schwächer mit Eiern belegten Beständen (Randgebiet), in denen ein relativ hoher Puppenbelag festgestellt worden war, untersucht wurden. Umgekehrt errechnete sich im Forstamt Altdorf der wirkliche Eibelag höher als der theoretische, da sich hier die Untersuchung nur auf die am stärksten mit Eiern belegten Bestände beschränkte und der Puppenbelag und damit die Kahlfraßgefahr in diesen mehr als Randgebiet zu betrachtenden Teilen nirgends sehr groß war.

Für das eigentliche Eruptionsgebiet hat sich auf Grund der ausgedehnten Vergleiche zwischen Ei- und Puppenbelag ergeben, daß im allgemeinen erst von einem auf größerer Fläche einheitlichen Belag von 4—5 Puppen je Quadratmeter an mit ausgedehnteren Kahlfraßschäden im Laufe der Raupenentwicklung zu rechnen ist.

Als Durchschnitt aus den nahezu hundert untersuchten Beständen des ganzen Lorenzer Reichswaldes ergab sich für die nach der Puppenzahl durchschnittlich abgelegte Zahl von Eiern 114 Stück für ein Weibchen. Meyer kommt bei ähnlichen allerdings auf weniger breiter Basis gewonnenen Untersuchungen auf die Zahl 118, die er unter der Annahme, daß 10% der Eier beim Zählen übersehen wurden, auf 130 erhöht. Bei meinen Untersuchungen ist das Übersehen der Eier schon berücksichtigt (vgl. oben). Trotzdem müssen wir in Anbetracht der besonderen Verhältnisse im Forstamt Feucht und Altdorf im Lorenzer Reichswald 1931 die durchschnittliche Eizahl eines Weibchens auch höher, etwa mit 120 bis 130 Stück, annehmen, was sehr gut mit den von Eidmann (8) und

Tabelle VI.

Durchschnittswerte für den theoretischen und wirklichen Eibelag eines Stammes in den Fortsamts- und Außenstellen-Bezirken des Lorenzer Reichswaldes. (Forleule, 1931.)

Nr.	Forstamt bezw. Außenstelle	Durchschnittsalter	Anzahl der untersuchten Bestände	Durchschn. Standraum eines Stammes	Durchschnittsbelag an gesunden Puppen März 1931		Theoret. Durchschnittszahl von gesunden ♀♀ je Stamm	Theoret. Durchschnittsbelag an Eiern je Stamm	Wirklicher Durchschnittsbelag an Eiern je Stamm	Im Durchschnitt von 1 ♀ abgelegte Eizahl
					je qm	je Stamm				
		Stück	Stück	qm	Stück	Stück	Stück	Stück	Stück	Stück
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Feucht (Teil Reichsw.) .	36	25	3,77	9,1	34,3	12,0	**1560**	**877**	73
2	Nürnberg-Süd	42	15	3,66	4,2	14,4	5,03	**654**	**550**	109
3	Wendelstein	37	24	3,76	5,6	21,0	7.36	**957**	**998**	136
4	Nürnberg-Ost	37	17	3,89	6,2	24,3	8,51	**1106**	**1185**	139
5	Röthenbach a. R. . . .	33	7	3,57	7,0	25,0	8,76	**1139**	**1150**	131
6	Altdorf	36	8	4,00	3,0	12,0	4,20	**546**	**950**	226
1—6	Sa. Lorenzer Reichswald	37	96	3,77	6,24	23,5	8,23	**1070**	**937**	**114**

Zwölfer (23) (siehe Escherich [10] S. 633), gefundenen Eizahlen übereinstimmt.

d) Praktische Schlußfolgerungen. Die Feststellung der Eiablagsperiode vermittelte die Kenntnis des allgemeinen Standes der Schädlingsentwicklung in den einzelnen Beständen. Darnach konnte vor allem der Bekämpfungsbeginn (= der Zeitpunkt, an dem mindestens 90% der Eiräupchen geschlüpft sind) festgelegt werden. Die für den einzelnen Bestand in Frage kommende Zeitspanne, während welcher die Bestäubung einen Sinn hat, ist meist recht beschränkt; vom Höhepunkt des Einhäuterstadiums bis zu dem der Vierhäuter verstrichen im Reichswald 1931 nur 18 Tage. Durch die Kenntnis der jeweiligen Reife der Bestände konnte diese Frist um etwa weitere acht Tage, d. h. um den Unterschied in der Entwicklung der „reifsten“ und der am meisten zurückgebliebenen Bestände, verlängert werden.

Die Höhe des Eibelages war für die Bestimmung der Bestäubungsnotwendigkeit überhaupt und für die Reihenfolge der zu bestäubenden Bestände maßgebend. Dabei fiel weniger die absolute Eizahl des Durchschnittsstammes ins Gewicht, wesentlich war vor allem das Verhältnis des Eibelages zur Nadelmasse, in zweiter Linie auch der jeweilige Stand der Schädlingsentwicklung (vgl. Tab. V).

Das Nadelvermögen eines Bestandes habe ich gutachtlich geschätzt, da mir dies in Anbetracht der zahlreichen Unsicherheitsfaktoren bei Anwendung von irgendwelchen Meßmethoden immer noch als das Sicherste erschien.[1])

Um den „Grenzbelag" an Eiern, bei dem unter normalen Verhältnissen mit Kahlfraß im Laufe der Raupenentwicklung gerechnet werden muß, zu ermitteln, mußte ich den Altraupenbelag, der gerade noch einen Kahlfraß herbeizuführen vermag, zugrunde legen und dabei die natürliche Sterblichkeit im Laufe der Raupenentwicklung berücksichtigen. Erfahrungsgemäß vermögen etwa 150—200 Altraupen eine schwache, ca. 20—30jährige Kiefer, 400—500 eine mittel- und 600—800 eine kräftig benadelte Kiefer im Stangenholzalter (30—50 Jahre) kahlzufressen (vgl. Escherich [10] S. 736); beim Altholz schwanken die Zahlen stärker, sie liegen je nach der Ausbildung der Benadelung etwa zwischen 1000 und 2000 Stück. Es ist selbstverständlich, daß sich diese „Grenzzahlen" um so mehr vermindern, je stärkere Fraßschäden der Bestand aufweist.

Nachdem wir im Eruptionsjahr einer Kalamität nicht mit einer allzu hohen Eiraupen-Sterblichkeit rechnen dürfen und auch die Reduktion in den folgenden Stadien bis zur Altraupe nicht sehr groß zu sein pflegt (vgl. unten), können wir nur eine natürliche Verminderung vom Eistadium bis zu dem der Altraupen um etwa die Hälfte annehmen. Daraus ergibt sich für Bestände ohne größere Fraßbeschädigungen folgender „kritischer" Eibelag:

300 Stück für Stangenholz mit geringer Nadelmasse,
600—800 „ „ „ „ mittlerer „
1000—1500 „ „ „ „ kräftiger Benadelung,
2000—2500 „ „ gutbenadelte Althölzer und Überhälter.

Die praktische Anwendung dieser Eibelagszahlen für die Bestimmung der Bestäubungsdringlichkeit in den einzelnen Beständen habe ich in Tab. V, die ein Auszug aus den seinerzeit für die Forstamts- und Außenstellenbezirke zusammengestellten Bestäubungs-Übersichten ist, ersichtlich gemacht. Die unter Berücksichtigung des vorjährigen Fraßes durchgeführte Einteilung der Bestände nach dem Grade der Kahlfraßgefahr in „vordringliche", „notwendige", „zweifelhafte" und solche „ohne Gefahr" hat sich gut bewährt und im Laufe meiner späteren Untersuchungen wiederholt als zuverlässig erwiesen. Die unter die Gruppe „zweifelhaft" eingereihten Bestände wurden gegen das Ende der Bestäubungszeit nochmals untersucht, eine Bekämpfung konnte bei ihnen zum Teil unterbleiben.

---

[1]) In der Literatur finden sich verschiedentlich Angaben über den Versuch, die Benadelung eines Bestandes bezw. eines Stammes durch eine Meßmethode genauer zu bestimmen. Meyer (16) hat z. B. durch Auszählen der Nadeln einen Vergleichsmaßstab zu schaffen gesucht. Weiterhin könnte daran gedacht werden, das Trockengewicht der Nadeln, die Kronenlänge und -breite oder einen Faktor aus Alter und Standortsgüte als Maßstab zu wählen.

IV. Die Raupenentwicklung.

a) Allgemeines. Die Beobachtung der Raupenentwicklung ist, wie erwähnt, im Freiland nicht ganz einfach, wenn man auf einigermaßen genaue Ergebnisse Wert legt. Nachdem durch Probestammuntersuchungen kein genügend klares Bild zu erhalten war, verwertete ich hauptsächlich die bei den Bestäubungen mit dem neuen Kontaktgift „Forestit" durchgeführten Raupensammlungen (vgl. oben). Als Vergleichsmaßstab diente hierbei die Auffangfläche der in den Beständen verteilten Fangtücher (je 2 qm), die Umrechnung der insgesamt abgefallenen Raupen auf den Durchschnittsbelag eines Stammes erfolgte unter Berücksichtigung von Standraum und Nadelmasse des Schirmbaumes. So wurde z. B. in Abteilung Anlage b (Forstamt Feucht) von 2 Fangtüchern nach der Forestit-Bestäubung am 21. Juni 742 bezw. 569 Raupen abgesammelt (siehe Tab. VII, Nr. 4). Der Standort der Fangtücher wies eine etwa 1,5—2mal so dichte Nadelmasse als der Durchschnitt auf, so daß sich bei einem mittleren Standraum eines Stammes von 3,6 qm ein durchschnittlicher Raupenbelag von 700 bis 800 Stück je Baum ergibt.[1])

Auffallend waren die großen Altersunterschiede; es befanden sich z. B. unter den nach einer Forestitbestäubung am 13. Juni von zwei Fangtüchern abgesammelten Raupen 23% noch im ersten und zweiten Stadium, 9 bezw. 22% waren bereits Vierhäuter. Der stark in die Länge gezogene Ablauf des Falterschlüpfens hat sich nicht allein auf die Periode der Eiablage ausgewirkt, er machte sich auch noch die ganze Raupenentwicklung hindurch bemerkbar.

b) Entwicklungsdauer. An Hand einiger Raupenzählungen in Waldteilen, von denen auf Grund der Eibelagsuntersuchungen der Beginn der Raupenentwicklung bekannt war, ließ sich die Entwicklungsdauer von Eiräupchen bis zu den jeweiligen Stand der Raupenentwicklung feststellen.

So dauerte die Entwicklung der Raupen von dem Zeitpunkt, an dem 65—75% sämtlicher Eiraupen geschlüpft waren, bis zu den mittleren und älteren Stadien in drei Beständen des Lorenzer Reichswaldes bei einer Durchschnittstemperatur von 16,0°—16,8° C 15, 18 und 19 Tage (vgl. Tab. VII, Nr. 1—3). Die den Entwicklungskurven von Zwölfer ([23] S. 550) entnommene, der Durchschnittstemperatur im Freiland ent-

---

[1]) Nach der Beziehung $\frac{\text{Raupenzahl} \times \text{mittlerer Standraum}}{\text{Ermittlungsfläche} \times \text{Verhältniszahl der Nadelmasse}}$ errechnet sich für die beiden Fälle $\frac{569 \times 3{,}6}{2 \times 1{,}5} = 683$ bezw. $\frac{742 \times 3{,}6}{2 \times 1{,}8} = 742$ Raupen. Auf einem 2 Tage vorher untersuchten Probestamm waren bei gründlicher Nachsuche 296 lebende Raupen gefunden worden. Er hatte etwa $^2/_3$ der Nadelmasse des Durchschnitts, als mittlerer Belag würde sich danach nur 450—500 Raupen je Stamm ergeben (vgl. Tab. VII). Es ist dies nur ein Beispiel für die Unzuverlässigkeit auch gründlicher Probestammuntersuchungen; die gleiche Erfahrung konnte ich in vielen anderen Fällen ebenfalls machen.

Tabelle VII.

Ermittlung des Raupenbelages für den Durchschnittsstamm, sowie der Sterblichkeit in den ersten Raupenstadien in einigen Beständen des Lorenzer Reichswaldes. (Forleule, 1931.)

Nummer	Waldort: Abteilung	Waldort: Forstamt	Alter (Jahre)	Standraum eines Stammes (qm)	Eibelag des Durchschnittsstammes: Datum (1931)	Eibelag des Durchschnittsstammes: Stück (ca.)	Eibelag des Durchschnittsstammes: davon bereits geschlüpft (%)	Eibelag des Durchschnittsstammes: Anzahl der Tage nach der mittleren Eiablage	Raupenbelag: Datum (1931)	Raupenbelag: Stück	Raupenbelag: Verhältnis der Nadelmasse zum Durchschnitt	Raupenbelag: Ermittelt auf	Raupenbelag: Danach ungefährer Belag des Durchschnittsstammes (Stück)	Raupenbelag: Mittlere Stadien (vgl. Tab. VIII)	Zeit von der Eibelagsuntersuchung bis zur Raupenuntersuchung (Tage)	Durchschnittliche Temperatur (C°)	Reduktion ca. (%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Nördl. Leimbühl c	Feucht	36	5,0	29. V.	1600	64	2	13. VI.	879	2,0	Fangtuch (2 qm)	1100	Zwei- u. Dreihäuter	15	16,2	**31**
										615	1,5	„ (2 qm)					
2	Spannerschlag f	„	27	2,5	30. V.	1100	65	2	17. VI.	527	1,1	„ (2 qm)	600	Dreihäuter	18	16,4	**45**
3	Anlage b	„	45	3,6	1. VI.	1200	74	3	19. VI	296	0,6	Probestamm	(500)	Drei- u. Vierhäuter	19	16,1	**(58)**
4	„ b	„							21. VI.	569	1,5	Fangtuch (2 qm)	750	„ „ „	21	16,0	**42**
										742	1,8	„ (2 qm)					
										209	0,5	„ (2 qm)					
5	Unt. Wolfshof d	Nbg.-Ost	52	5,6	6. VI.	2450	94	8	24. VI.	721	0,7	Probestamm	1100	Vierhäuter	18	16,7	**55**
6	Götleinsweiher c	Altdorf	30	3,2	8. VI.	1000	90	7	2. VII.	91	0,25	„	400	„	24	16,8	**60**
7	Hundsfütterung d	„	29	2,6	9. VI.	800	96	8	2. VII.	251	0,9	„	300	„	23	16,7	**62**

Tabelle VIII.

Raupenzählungen im Juni 1931 mit Ausscheidung nach den einzelnen Stadien.
(Forleule, Lorenzer Reichswald.)

Nr.	Datum	Waldorte	Forstamt bezw. Außenstelle	I. Stadium		II. Stadium		III. Stadium		IV. Stadium		V. Stadium		Summe	Bemerkung
				Stück	%	Stück	%	Stück	%	Stück	%	Stück	%	Stück	
1	13. VI.	Nördl. Leimbühl c	Feucht	27	**4,4**	103	**16,8**	289	**47,1**	141	**22,9**	54	**8,8**	614	Nach Forestitbestäubung von Fangtüchern abgesammelte Raupen
2	„	„ „ e	„	41	**4,7**	162	**18,4**	358	**40,7**	124	**14,1**	194	**22,1**	879	
3	18. VI.	Spannerschlag f .	„	—	—	26	**4,9**	138	**26,2**	237	**45,0**	126	**23,9**	527	
4	19. VI.	Verschiedene . .	„	—	—	4	**2,8**	33	**22,9**	83	**57,6**	24	**16,7**	144	Aus Fangtüchern im Forstamt Feucht
5	20. VI.	„ . .	„	—	—	2	**1,5**	25	**18,4**	68	**50,0**	41	**30,1**	136	
6	„	Anlage c^2	„	—	—	6	**2,0**	58	**19,6**	127	**42,9**	105	**35,5**	296	Probestammfällung
7	21. VI.	„ b . . .	„	—	—	30	**5,3**	107	**19,0**	219	**39,0**	206	**36,7**	562	Aus Fangtüchern nach Forestitbestäubung
8	„	„ c^2	„	—	—	26	**3,7**	76	**10,8**	293	**41,7**	308	**43,8**	703	
9	„	„ c^2	„	—	—	5	**2,6**	26	**13,6**	69	**36,1**	91	**47,7**	191	
10	23. VI.	Im Häslach . . .	Wendelstein	—	—	1	**0,4**	36	**15,8**	80	**35,1**	111	**48,7**	228	Von 2 Probestäm.
11	24. VI.	Unt. Wolfshof d .	Nürnberg-Ost	—	—	1	**0,14**	110	**15,26**	361	**50,1**	249	**34.5**	721	Probestamm
12	27. VI.	Eichenbühl b . .	Unterferrieden	—	—	—	—	1	**2,0**	13	**25,5**	37	**72,5**	51	„
13	28. VI.	Verschiedene. . .	Feucht	—	—	—	—	2	**1,5**	67	**48,9**	68	**49,6**	137	Aus Fangtüchern im Forstamt Feucht
14	29. VI.	„ . . .	„	—	—	—	—	2	**2,9**	29	**42,0**	38	**55,1**	69	
15	30. VI.	„ . . .	„	—	—	—	—	2	**1,6**	39	**31,5**	83	**66,9**	124	

Tabelle IX.

Entwicklungsdauer der einzelnen Stadien der Forleule, 1931 im Lorenzer Reichswald.

Stadium	Entwicklungsdauer: Datum (1931)	Entwicklungsdauer: Anzahl der Tage	Messungen im Kronenraum (bei Feucht): Durchschnittstemperatur °C	Höchstes Temperatur-Tagesmittel °C	Tiefstes Temperatur-Tagesmittel °C	Temperaturmaximum °C	Temperaturminimum °C	Dauer der Temperaturen unter 6° C Std.	Durchschnittliche relative Feuchtigkeit %	Niederschläge mm	Entwicklungsdauer in Tagen bei konstanter Temperatur (nach Zwölfer)	Bemerkung
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ei	21.—28. V.	**8**	18,8	22,8	13,2	32,5	7,9	—	61	3,4	**10,1**	Messungen in Spalte 4—6 1 m über dem Boden bei Feucht; Sp. 7–11 nach Flugwetterwarte Nürnberg-Fürth.
Larve I . .	29. V.—4. VI.	**7**	15,3	21,0	11,0	26,9	4,0	7	82	15,4	**10,6**	
Larve II . .	5.—10. VI.	**6**	15,6	17,8	13,9	29,5	5,7	1	84	58,1	**7,2**	
Larve III . .	11.—15. VI.	**5**	19,1	20,2	18,2	29,1	9,4	—	77	3,2	**5,2**	
Larve IV . .	16.—21. VI.	**6**	15,8	21,4	13,1	31,3	4,2	3	78	14,1	**6,2**	
Ei bis Larve IV	21. V.—21. VI.	**32**	16,9	22,8	11,0	32,5	4,0	11	76	94,2	**39,0**	

sprechende Entwicklung bei konstanter Temperatur hätte in den gleichen Fällen 18, 21 und 23 Tage, also 3—4 Tage länger, gewährt.

Noch deutlicher trat die raschere Entwicklung im Freien bei der graphischen Darstellung der Raupenentwicklung in Erscheinung. Aus dem zusammenhängenden Bild der Eulenentwicklung, wie es Abb. 5 darstellt, läßt sich die Dauer der einzelnen Stadien ohne Schwierigkeit entnehmen. Wenn auch infolge der Erhebungsweise in verschiedenen Beständen und der zum Teil gutachtlichen Ergänzung der Beobachtungslücken eine Abweichung von den wirklichen Verhältnissen möglich ist, so kann diese doch nicht allzu groß sein. Da der Zeitpunkt, an dem bereits 50% der Gesamtpopulation in das jeweilige Stadium eingetreten war, meist genau mit dem Tage des stärksten Auftretens, d. h. mit dem Höhepunkt des betreffenden Stadiums, zusammenfällt (siehe Abb. 5), kann die Zahl der Tage, die von diesem Höhepunkt bis zum Eintritt des nächstfolgenden verstrich, als die mittlere Entwicklungsdauer des betreffenden Stadiums gelten. Die so erhaltenen Werte sind mit Angabe der Temperatur, Niederschläge und relativen Feuchtigkeit in Tabelle IX zusammengestellt und mit den bei konstanten Temperaturen gewonnenen Laboratoriumsergebnissen Zwölfers (23) in Beziehung gebracht.

Danach schwankte die Entwicklungsdauer der einzelnen Stadien zwischen 5 und 8 Tagen, die Zeit von der mittleren Eiablage bis zur letzten Häutung betrug 32 Tage. Als Durchschnittstemperatur errechnet sich für diese Zeit (21. Mai bis 21. Juni) 16,9° C; auch wurden noch mehrfach Temperaturen unter dem Entwicklungsnullpunkt der Fohreneule

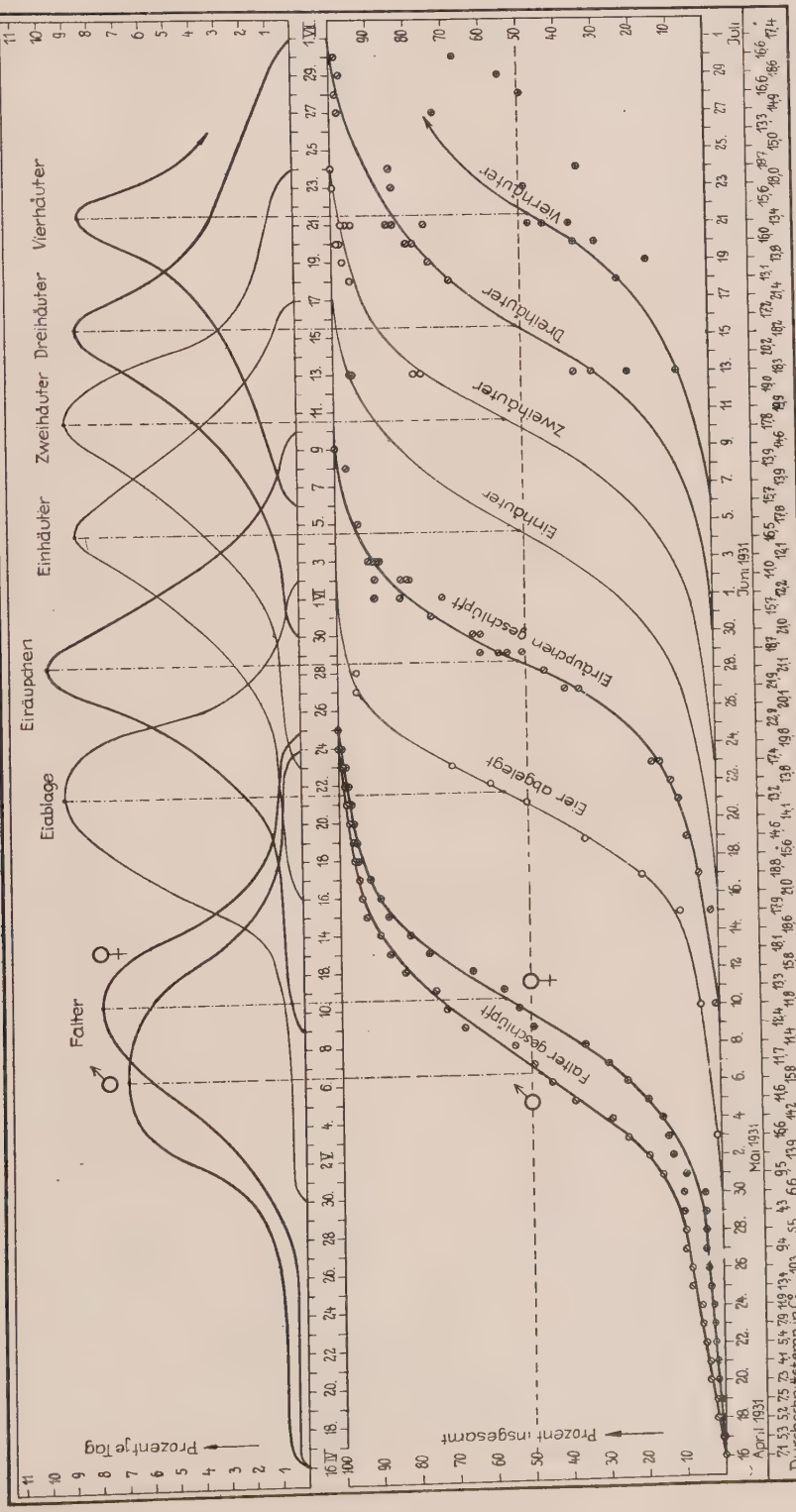


Abb. 5. Zusammenfassende Darstellung der Forleulen-Entwicklung 1931 im Lorenzer Reichswald. Unten die Beobachtungswerte mit den Ausgleichslinien; oben die aus ihnen gebildeten Entwicklungskurven der einzelnen Stadien.

(11 Stunden mit unter 6° C) gemessen, so daß sich die eigentliche Entwicklungsdauer noch etwas verkürzt (vgl. Tab. IX).

Nach den von Zwölfer ([23] S. 550) aufgestellten Entwicklungskurven hätten die Raupen im Laboratorium bei der nämlichen „Temperatursumme" von der Eiablage bis zur letzten Häutung 39 Tage, also etwa $^1/_5$ der Zeit (18%) länger beansprucht. Bei den einzelnen Stadien ist die Differenz zwischen der Entwicklungsdauer im Freiland und im Laboratorium nicht überall zu beobachten; zum Teil dauerte sie im Laboratorium wesentlich länger, zum Teil stimmt sie mit den Freilandbefunden ungefähr überein.

Im Ei-, Eiraupen- und Einhäuterstadium ist der Unterschied zwischen Freiland- und Laboratoriums-Beobachtung am größten; hier herrschten auch sehr starke Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen, d. h. es war während dieser Zeit häufig tagsüber klar und sehr heiß, nachts kühlte es stark ab. Besonders deutlich tritt dies bei bem Vergleich der innerhalb dieser Periode gemessenen höchsten und tiefsten Temperatur hervor (Tab. IX), sicherer für die Beurteilung ist allerdings die Angabe des höchsten und tiefsten Tagesmittels der Temperatur, da das einmalige Eintreten von starken Extremen noch keine allzu große Bedeutung auf die Entwicklung zu haben braucht.

Die Zeit der hauptsächlichsten Zweihäuterentwickluug, deren Dauer sehr gut mit der von Zwölfer bei konstanter Temperatur ermittelten übereinstimmt (5 bezw. 5,2 Tage), stand unter ganz anderen klimatischen Bedingungen; der Himmel war hier meist bedeckt, zeitenweise herrschte eine windstille, schwüle Witterung und auch nachts kam es infolge des fast immer bedeckten Himmels zu keiner Abkühlung. Auch fehlten während dieser Zeit größere Niederschläge. In Tabelle IX kommt dies gut zum Ausdruck: Durchschnittstemperatur und höchstes und tiefstes Tagesmittel weichen kaum voneinander ab, die tiefste gemessene Temperatur war 9,4° C und die Niederschlagshöhe betrug nur 3,2 mm. Die klimatischen Bedingungen kamen also während dieser Periode den konstanten Verhältnissen des Laboratoriums am nächsten. Im Dreihäuterstadium, in dem die Entwicklung im Laboratorium ebenfalls gut mit meinen Freilandbeobachtungen übereinstimmt, traten zwar stärkere Temperaturschwankungen auf, sie fielen aber in den Beginn des Stadiums, die spätere Entwicklung verlief unter ähnlichen Klimabedingungen wie die der Zweihäuter.

Die gute Übereinstimmung der Entwicklungsdauer bei den Zwei- und Dreihäutern mit den Zwölferschen Ergebnissen im Gegensatz zu dem rascheren Ablauf im Freiland bei den vorausgegangenen Stadien brachte mich auf den Gedanken, eine Begründung für diese Beobachtung aus dem Klima abzuleiten; ich glaube, daß die schnellere Entwicklung der jüngeren Raupen durch die während dieser Zeit herrschenden stärkeren Schwankungen der Temperatur und Feuchtigkeit erklärt werden muß, in dem Sinne, daß starke Schwankungen die Entwicklung beschleunigen, während andrerseits

konstante Temperaturverhältnisse verlangsamend wirken. Man könnte sich dies so vorstellen, daß durch den Wechsel von Temperatur und Feuchtigkeit immer neue Impulse auf die Entwicklung ausgeübt werden. Allerdings müßte diese Erklärung noch durch exakte Zuchtversuche bei der Forleule bewiesen werden; bisher liegen in dieser Richtung bei verschiedenen Insekten Untersuchungen von Peairs, Shelford, Parker und Cook (nach Uvarov 21) vor, die tatsächlich zu dem Ergebnis gekommen sind, daß der Wechsel vor allem in der Temperatur die Entwicklung zu beschleunigen vermag.

c) Sterblichkeit der Larve I bis IV. Nach Zwölfers (23) umfassenden Laboratoriumsversuchen ist die Empfindlichkeit der Eiräupchen gegenüber klimatischen Einflüssen äußerst groß. Die Eiraupe bedeutet danach im epidemiologischen Sinne das „kritische Stadium" der Forleule, d. h. eine Gradation entsteht hauptsächlich infolge einer klimatisch bedingten und mehrere Jahre hindurch anhaltenden Verringerung der in Normalzeiten hohen Eiräupchensterblichkeit; hierzu sind mindestens zwei extrem günstige Jahre nötig (siehe Escherich [10] S. 670). Im Eruptionsjahre wird auch eine für den Schädling weniger günstige Eiräupchenzeit kaum zu einem vorzeitigen Zusammenbruch der Gradation führen; es sei denn, daß pessimale Witterungsverhältnisse eintreten, die eine Eiraupensterblichkeit von über 95% zur Folge haben. In einem Bestande des Lorenzer Reichswaldes (nördliches Leimbühl im Forstamt Feucht) betrug 1931 die Reduktion vom Eistadium bis zum mittleren Zwei- und Dreihäuter-Stadium bei einer Niederschlagsmenge von 15,4 mm während der hauptsächlichsten Eiräupchenzeit (23. V. bis 6. VI.) 31%; die Sterblichkeit der Eiraupen kann hier also wenig mehr als ein Fünftel betragen haben (Nr. 1 der Tab. VII). Auch bei den übrigen Raupenuntersuchungen erfolgte nur eine relativ geringe Reduktion seit dem Eistadium, so daß wir 1931 im Lorenzer Reichswald die Eiräupchensterblichkeit im allgemeinen nicht höher als 30% annehmen dürfen (Tab. VII).

Daß im Eruptionsstadium einer Massenvermehrung auch bei relativ ungünstiger Witterung keine so große Eiräupchensterblichkeit einzutreten pflegt wie in Normaljahren, hat meiner Ansicht nach vor allem den Grund, daß hier das zeitliche Erscheinen der Eiräupchen infolge ihrer ungewöhnlich hohen Zahl auf eine viel größere Zahl von Tagen verteilt ist, so daß eine ungünstige Wetterperiode (vor allem starke Regenfälle) immer nur einen Teil der Räupchen treffen. Auch ist die während der hauptsächlichsten Eiraupenzeit (26. V. bis 4. VI.) gefallene Niederschlagsmenge von 15,4 mm noch keineswegs pessimal. Zwölfer hat aus langjährigen Aufzeichnungen eine durchschnittliche Niederschlagsmenge von 31 mm für die erste Junidekade im Reichswaldgebiet ermittelt.

Aus dem oben Gesagten geht hervor, daß die Sterblichkeit auch in den folgenden Raupenstadien bis zur Altraupe nicht allzu groß war. Sie

kann mit durchschnittlich 10% für das zweite bis vierte Stadium angenommen werden. Als Ursache kommen wohl auch hier in erster Linie klimatische Einflüsse in Frage. Die durch *Ernestia rudis* parasitierten Raupen wurden bei den Untersuchungen zu den gesunden Raupen gezählt, so weit sie noch keine typischen Erschlaffungserscheinungen aufwiesen.

Die Parasitierung durch *Ernestia* hatte, wie oben erwähnt, bereits bei den ganz jungen Raupen eingesetzt; im Dreihäuterstadium betrug die Parasitierung schon etwa 20 bis 30%; von den Vierhäutern waren etwa 60% befallen. Genauere Zahlen lassen sich schwerlich angeben, da die Untersuchungen infolge Zeitmangels nach äußeren Merkmalen (dunkler Fleck an der Einbohrstelle, Anschwellen des Raupenkörpers) erfolgen mußten und das Ergebnis daher nicht als absolut sicher gelten kann.

d) Zusammenbruch. Die für eine Forleulen-Gradation typische Erscheinung des schlagartigen Zusammenbruches der Kalamität im Eruptionsjahre ist auch Ende Juni 1931 im Gebiete des Lorenzer Reichswaldes und weit darüber hinaus eingetreten und hat die ganze Eulenentwicklung auch in den ungestäubten Waldungen mit einem Schlage abgebrochen. Bis zum 24. Juni etwa war diese noch völlig normal, Anzeichen einer beginnenden Auflösung waren noch nirgends zu erkennen. Auf einem am 24. Juni untersuchten Probestamm wurden noch 321 gesunde Raupen gezählt (Tab. VII, Nr. 7). Auch die Forestitbestäubungen der folgenden zwei Tage lieferten noch die erwartete Zahl von Raupen, an denen außer den typischen Kontaktgift-Reaktionen noch keinerlei Krankheitserscheinungen zu bemerken waren.

Am 27. Juni in einigen Beständen vorgenommene Untersuchungen ergaben ein ganz eigenartiges Bild: die Raupen hatten plötzlich fast sämtlich ihre frischgrüne Farbe verloren; die Bewegungen waren träge, die meisten Raupen ließen den Oberkörper und manchmal auch das Hinterende von den Nadeln weghängen und klammerten sich nur noch mit den Bauchfüßen an diesen an.

In der Folge wurde ihre Farbe immer gelblicher, der ganze Körperinhalt wurde schwammig und strukturlos und die Tiere starben sehr rasch ab. Noch lange danach hingen die meisten Raupen vertrocknet und nun ganz schwarz gefärbt in den oben beschriebenen Stellungen an den Nadeln.[1])

---

[1]) Der überaus plötzliche Ausbruch der Seuche in einigen Gebieten hängt vielleicht mit einer in dieser Jahreszeit ungewöhnlichen Klimaerscheinung zusammen: in der Nacht vom 26. auf 27. Juni kam es in einigen Waldteilen durch die stetige Abkühlung des Taues bis zum Gefrierpunkt zur Bildung eines sogenannten „Wasserreifes", der auf den Organismus von unbehaarten Raupen besonders schädlich einzuwirken scheint. Auch wiesen die Tage vom 27. Juni bis 1. Juli im ganzen Befallsgebiet ungewöhnlich hohe Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen auf (im Laufe des Vormittages Temperaturanstieg um 20—25° C, verbunden mit dem Sinken der relativen Feuchtigkeit von 100% auf durchschnittlich 40%).

Anfangs Juli konnte im ganzen Eruptionsgebiet keine einzige lebende Eulenraupe mehr gefunden werden. Nur in den Randgebieten (wie in dem östlichen Teil des Forstamtes Altdorf, vgl. Tab. VII) blieben die Raupen noch etwas länger von der Seuche verschont; jedoch wurde auch in ihnen wie im Zentrum der Eruption bei den im Laufe des Sommers durchgeführten Streuuntersuchungen kaum eine einzige lebende Eulenpuppe mehr gefunden.

Es handelt sich bei dieser schlagartig aufgetretenen Seuche wie in den meisten bisher bekannten Fällen vor allem um *Empusa aulicae*, die hier vielleicht im Zusammenhang mit einer noch unbekannten Bakteriose stand.

Zusammenfassung.

1. Durch die tägliche Beobachtung von sogenannten Schlüpfkästen, die mit Eulenpuppen und Parasiten belegt waren, wurde der Verlauf der Schlüpfperiode festgestellt. Tiefe Temperaturen und starke Niederschläge wirken hemmend auf das Schlüpfen, umgekehrt sind hohe Temperaturen förderlich. Es scheint sogar eine Erhöhung der Freilandtemperatur bei gleichbleibender Bodenwärme die Schlüpftätigkeit beschleunigen zu können.
2. Der Anreiz zum Schlüpfen der Eule und ihrer Parasiten erfolgt erst durch die längere Einwirkung von Temperaturen, die über einer ganz bestimmten „Grenztemperatur“ liegen.
3. In Beständen, die durch vorjährigen Fraß stark durchlichtet waren, schlüpften die Falter früher als in den übrigen Beständen, auch wenn diese einen noch größeren Lichteinfall hatten.
4. Die ♂♂ schlüpften um einige Tage früher; das Geschlechtsverhältnis von ♂♂ zu ♀♀ betrug etwa 1 : 1,1.
5. Die Sterblichkeit der Puppen kurz vor dem Schlüpfen war in den Kästen mit ungünstigem Wasserhaushalt, d. h. einer durch den mineralischen Untergrund bedingten größeren Vertrocknungsgefahr, ziemlich bedeutend, während sie in den übrigen trotz einer teilweise weit ungünstigeren Bodendecke ganz gering blieb.
6. Die Schwarmzeit der Forleule vollzog sich entsprechend der stark in die Länge gezogenen Schlüpfperiode sehr wechselnd und ließ noch keinen sicheren Schluß auf die Gefährdung der einzelnen Bestände zu. Jene von *Ernestia rudis* und im allgemeinen auch jene der einzelnen Ichneumoniden verlief einheitlich.
7. Die definitive Entscheidung für die Reihenfolge der Bestäubungen im Lorenzer Reichswald lieferten in jedem Bestand durchgeführte sorgfältige Eizählungen an Probestämmen, wobei auch die schon geschlüpften Eier mit erfaßt wurden.
8. Der für das ganze Befallsgebiet des Lorenzer Reichswaldes durchgeführte Vergleich des Puppenbelages im Frühjahr mit der Zahl der

in denselben Beständen abgelegten Eier ergab, daß im Eruptionsjahr bei der Eiablage ein weitgehender Ausgleich in nahe beisammen liegenden Waldungen stattfindet. Als durchschnittlich von 1 ♀ abgelegte Zahl von Eiern wurden in den Hauptbefallsgebieten des Lorenzer Reichswaldes 120—130 Stück festgestellt.

9. Die Sterblichkeit nahm im Laufe der Eiperiode zu, sie war jedoch nicht sehr bedeutend, im Mittel etwa 5%.
10. Zählungen lebender Raupen an Probestämmen erwiesen sich trotz sorgfältiger Durchführung als ungenau. Gut brauchbare Ergebnisse lieferten die Absammlungen der nach den Bestäubungen mit dem neuen Kontaktmittel „Forestit" in Fangtücher gefallenen Raupen.
11. Die Sterblichkeit war in den einzelnen Raupenstadien mit Ausnahme des letzten nicht allzu groß; sie ging im allgemeinen bei der Eiraupe nicht über 30%, bei Larve II—IV nicht über je 10% hinaus. Der Zusammenbruch der Kalamität erfolgte erst im letzten Stadium; Ende Juni 1931 starben sämtliche Raupen auch in den unbestäubten Gebieten schlagartig durch *Empusa* und vielleicht eine noch unbekannte Bakteriose ab; bei den im Laufe des Sommers vorgenommenen Streuuntersuchungen war in dem ganzen Gebiete kaum eine einzige gesunde Puppe zu finden.
12. Die im ganzen Lorenzer Reichswald angestellten Untersuchungen über den Stand der Entwicklung bei den einzelnen Fohreneulenstadien und die Ergebnisse aus den Schlüpfkästen wurden durch eine besondere Art der Auswertung in eine einheitliche und übersichtliche graphische Darstellung zusammengefaßt. Dadurch wurde die ziemlich genaue Ermittlung der Entwicklungszeiten für die einzelnen Eulenstadien ermöglicht.
13. Das infolge ungünstiger Witterung stark in die Länge gezogene Schlüpfen der Eulenfalter machte sich noch bei der Eiablage und den einzelnen Raupenstadien bemerkbar, obwohl hier viel höhere Temperaturen herrschten; die einzelnen Entwicklungskurven lassen ein sehr langsames An- und Abschwellen in jedem Stadium erkennen.
14. Die Raupenentwicklung vollzog sich unter den wechselnden Klimaverhältnissen des Freilandes nach meinen Ergebnissen rascher als bei den konstanten Bedingungen im Laboratorium, was zu dem Schluß führte, daß der Wechsel von Temperatur und Feuchtigkeit entwicklungsbeschleunigend wirken kann.

Literatur.

1. Baer, W., Die Parasiten der Kieferneule. Zeitschr. f. ang. Entom. 1925, Bd. 11, S. 23—24.
2. Berwig, W., Die Forleule in Bayern. Historisch-statistisch-klimatologische Betrachtungen. Forstw. Centralbl. 1926, Bd. 70.
3. — — Laboratoriumsversuche zur Biologie und Bekämpfung der Forleule. Zeitschr. f. ang. Entom. 1931, Bd. 17, S. 563—586.

4. Conrad, A., Gesamtdarstellung der Eulenkatastrophe 1922 und 1923 und ihrer Folgewirkungen im Staatsforstgebiet des Reg.-Bez. Allenstein, Ostpr. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 1929, Bd. 61, S. 321—348.
5. Dolles, Streifzug im Gebiet von Feinden unserer schädlichen Waldinsekten. Forstl. naturw. Zeitschr. 1897, Bd. 6, S. 257—270.
6. Eckstein, F., Zoologisch-meteorologische Studien. 1. Mitt. über den Einfluß von Standort und Klima auf die Gradation des Kiefernspanners (*Bupalus piniarius* L.). Zeitschr. f. ang. Entom. 1924, Bd. 10.
7. Eckstein, K., Bausteine zur Lebensgeschichte der Forleule. Zeitschr. f. ang. Entom. 1924, Bd. 10. S. 313—326.
8. Eidmann, H., Eizahl und Eireifung einiger forstlich wichtiger Schmetterlinge. Zeitschr. f. ang. Entom. 1927, Bd. 13.
9. — — Beobachtungen im bayerischen Forleulengebiet. Anz. f. Schädlingsk. 1930, Bd. 6, S. 129—135.
10. Escherich, K., Die Forstinsekten Mitteleuropas. Bd. 3. Berlin, Verlag Paul Parey, 1931.
11. — — Ein neuer Fortschritt in der Forstschädlingsbekämpfung. Silva 1931, Bd. 19.
12. — — Wissenschaftliche und praktische Arbeit anläßlich der letzten bayerischen Kieferneulenkalamität. Forstw. Centralbl. 1931, S. 665—682, 715—726.
13. Geiger, R , Meteorologische Beobachtungen bei der mittelfränkischen Kieferneulenbekämpfung mit Flugzeug und Motor im Frühjahr 1931. Zeitschr. f. angew. Entom. 1932, Bd. 19, S. 207—222.
14. Lehner und Berwig, Der Eulenfraß 1923/24 und seine Folgen in der Fürstlich Hohenzollernschen Oberförsterei Griesel (Neumarck). Allg. Forst- u. Jagdztg. 1929, Bd. 105, S. 416—428.
15. Marcus, B. A., Ein neues Kontaktmittel („Forestit"-Merck) in der Schädlingsbekämpfung. Zeitschr. f. angew. Entom. 1932, Bd. 19, S. 68—84.
16. Meyer, E., Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung der Forleule, *Panolis flammea* Schiff. Zeitschr. f. angew. Entom. 1931, Bd. 18, S. 1—56.
17. Prell, H., Zur Biologie der Tachinen *Parasetigena segregata* Rdi. und *Panzeria rudis* Fall. Zeitschr. f. angew. Entom. 1915, Bd. 2, S. 57—148.
18. Sachtleben, H., Die Forleule *Panolis flammea* Schiff. Monogr. z. Pflanzensch. Bd. 3 Berlin 1929.
19. Schimitscheck, E., Beobachtungen bei dem Auftreten und der Bekämpfung der Kieferneule *Panolis flammea* Schiff. in Niederösterreich, 1930 und 1931. Centralbl. f. d. ges. Forstw. 1931, Bd. 57.
20. Schwerdtfeger, F., Beobachtungen und Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung des Kiefernspanners während des Fraßjahres 1929 in der Letzlinger Heide. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 1930, Bd. 62, S. 65—166.
21. Uvarov, B. P., Insects and Climate. Transact. of Entom. Soc. London 1930, Vol. 79.
22. Zwölfer, W., Zur Theorie der Insekten-Epidemien. Biol. Centralbl. 1930, Bd. 50, S. 724—759.
23. — — Studien zur Ökologie und Epidemiologie der Insekten. I. Die Kieferneule, *Panolis flammea* Schiff. Zeitschr. f. angew. Entom. 1931, Bd. 17, S. 475—562.

Vergleichende Morphologie des Lepidopterendarmes und seiner Anhänge.

Von

Karl Dauberschmidt.

Aus dem Institut für angewandte Zoologie der Bayer. Forstlichen Versuchsanstalt, München.)

(Mit 22 Abbildungen und 2 Tabellen.)

Inhalt.

Seite

Vorbemerkung 205
Verzeichnis der untersuchten Arten 205
A. Spezieller Teil 207
I. Der Falterdarm 207
a) Der Vorderdarm 207
b) Die Speicheldrüsen 210
c) Der Mitteldarm 213
d) Der Hinterdarm 217
e) Die Malpighischen Gefäße 221
II. Der Raupendarm 224
a) Der Vorderdarm 224
b) Die Spinndrüsen 227
c) Die Mandibulardrüsen (und Schlunddrüsen) 231
d) Der Mitteldarm 233
e) Der Hinterdarm 233
f) Die Malpighischen Gefäße 237
B. Allgemeiner Teil 249
a) Beziehungen zwischen Falter- und Raupendarm 249
b) Einfluß des Raupenstadiums 250
c) Größenverhältnisse des Darmes 250
d) Einflüsse der Nahrung (Menge, Art usw.) 257
e) Gegenseitige Stellung und verwandtschaftliche Beziehungen der Hauptfamilien und ihr Verhältnis zur Systematik im Hinblick auf die Darmausformung 262
Zusammenfassung der Hauptergebnisse 263
Literatur 265

* * *

Vorbemerkung. Unsere Kenntnisse über die Morphologie des Lepidopterendarmkanals sind noch recht unvollkommen. Eingehendere und vergleichende Untersuchungen sind nur wenige vorhanden und diese beziehen sich meist nur auf einzelne Darmteile (Vormagen, Malpighische Gefäße, Spinn- und Mandibulardrüsen). Dazu tritt eine kleine Anzahl zusammenhangsloser kurzer Einzelbeschreibungen. Es ist dabei zu bemerken, daß einerseits einzelne wichtige Beobachtungen aus früherer Zeit ganz in Vergessenheit geraten sind, und anderseits eine ganze Anzahl von Angaben ungenau, widerspruchsvoll oder lückenhaft ist.

Es erschien somit eine umfassendere Untersuchung und Vergleichung einer möglichst großen Anzahl von Arten aus allen Familien gerechtfertigt.

Die vorliegenden morphologischen Untersuchungen beschränken sich auf die sogenannten Großschmetterlinge, von denen eine erhebliche Anzahl Imagines und Raupen (80 bezw. 75 verschiedene Arten) erfaßt werden konnte. Die untersuchten Arten verteilen sich ziemlich gleichmäßig auf alle Hauptfamilien; dies ergab auch eine genügende Grundlage für vergleichende Betrachtungen und Aufsuchung von Beziehungen. Die Untersuchungen wurden in der Mehrzahl an frischen Tieren, vereinzelt auch an in Formol (1 : 9 verdünnt) aufbewahrtem Material ausgeführt. Histologische Untersuchungen wurden nur in geringem Maße zur Klärung morphologischer Verhältnisse herangezogen. Es erwies sich dabei Fixierung in Bouinscher Lösung, Einbettung mit Xylol in Paraffin und Färbung mit Hämalaun und Eosin als zweckmäßig.

Die vorliegende Arbeit wurde im Institut für angewandte Zoologie der bayer. forstlichen Versuchsanstalt zu München ausgeführt. Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geheimrat Professor Dr. Dr. h. c. K. Escherich, der mir die Anregung zu den Untersuchungen gab sowie ihre Durchführung durch liebenswürdige Überlassung eines Arbeitsplatzes in seinem Institut ermöglichte und durch persönliche Unterstützung mit wertvollem Rat förderte, möchte ich auch an dieser Stelle meinen aufrichtigen Dank zum Ausdruck bringen. Auch Herrn Dr. Zwölfer bin ich für seine Hilfe zu großem Dank verpflichtet.

Verzeichnis der untersuchten Arten in systematischer Reihenfolge.

(Nach dem Katalog von Staudinger-Rebel)

I. Falter.

a) Rhopalocera

Papilionidae:
- *Papilio machaon* L.

Pieridae:
- *Pieris brassicae* L.
- *P. napi* L.
- *Leptidia sinapis* L.
- *Colias hyale* L.
- *Gonepteryx rhamni* L.

Nymphalidae:
- *Pyrameis atalanta* L.
- *P. cardui* L.
- *Vanessa jo* L.
- *V. urticae* L.
- *V. antiopa* L.
- *Polygonia C-album* L.
- *Araschnia levana* L.
  - gen. aest. *prorsa* L.
- *Melitaea atalia* Rott.
- *M. dictynna* Esp.
- *Argynnis selene* Schiff.
- *A. lathonia* L.
- *A. aglaja* L.
- *A. paphia* L.
- *Melanargia galathea* L.
- *Satyrus briseis* L
- *S. semele* L.
- *Aphantopus hyperantus* L.
- *Epinephele jurtina* L.
- *Coenonympha arcania* L.
- *Zephyrus betulae* L.

Lycaenidae:
- *Lycaena argus* L.
- *L. icarus* Rott.
- *L. damon* Schiff.

Hesperidae:
- *Augiades comma* L.
- *A. sylvanus* Esp.

b) Heterocera

Sphingidae:
- *Acherontia atropos* L.
- *Daphnis nerii* L.
- *Sphinx ligustri* L.
- *Hyloicus pinastri* L.
- *Deilephila euphorbiae* L.
- *Hemaris fuciformis* L.

Bombycidae:

Notodontidae:
- *Phalera bucephala* L.

Lymantriidae:
- *Orgyia antiqua* L.
- *Dasychira pudibunda* L.
- *Stilpnotia salicis* L.
- *Lymantria dispar* L.
- *L. monacha* L.

Lasiocampidae:
- *Dendrolimus pini* L.

Saturniidae:
Platisamia cecropia L.
Actias selene Hbn.
var. *ningpoana* Fldr.
Aglia tau L.
Bombyx mori L.
Noctuidae:
Agrotis pronuba L.
Agr. exclamationis L.
Agr. corticea Hb.
Hadena monoglypha Hufn.
Euplexia lucipara L.
Taeniocampa gracilis F.
Panolis flammea Schiff.
Abrostola triplasia L.
Plusia chrysitis L.
Pl. pulchrina Hw.
Catocala fraxini L.
C. fulminea Scop.
Geometridae:
Timandra amata L.
Ortholitha bipunctaria Schiff.
Deilinia pusaria L.
Hybernia aurantiaria Esp.
Boarmia spec.
Thamnonoma wauaria L.
Arctiidae:
Parasemia plantaginis L.
Diacrisia sanio L.
Arctia caja L.
Callimorpha dominula L.
Lithosia deplana Esp.
L. complana L.
Zygaenidae:
Zygaena trifolii Esp.
Z. lonicerae Scheven
Z. filipendulae L.
Hepialidae:
Hepialus sylvina L.

II. Raupen.

a) Rhopalocera

Pieridae
Pieris brassicae L.
P. rapae L
Nymphalidae:
Vanessa jo L.
V. urticae L.

b) Heterocera

Sphingidae:
Acherontia atropos L.
Smerinthus populi L.
Dilina tiliae L.
Daphnis nerii L.
Hyloicus pinastri L.
Chaerocampa elpenor L.
Metopsilus porcellus L.
Hemaris fuciformis L.
H. scabiosae L.
Bombycidae:
Notodontidae:
Cerura bifida Hb.
Dicranura vinula L.
Notodonta ziczac L.
Lophopteryx camelina L.
Phalera bucephala L.
Lymantriidae:
Orgyia antiqua L.
Dasychira pudibunda L.
Dasychira spec
Stilpnotia salicis L.
Lymantria dispar L.
L. monacha L.
Lasiocampidae:
Eriogaster lanestris L.
Macrothylacia rubi L.
Gastropocha quercifolia L.
Dendrolimus pini L.
Saturniidae:
Saturnia pavonia L.
Aglia tau L.
Actias selene Hbn.
var. *ningpoana* Fldr.
Bombyx mori L.
Noctuidae:
Acronicta psi L.
A. auricoma F.
Agrotis strigula Thnbg.
A. linogrisea Schiff.
A. pronuba L.
A. orbona Hufn.
A. triangulum Hufn.
A. occulta L.
Mamestra leucophaea View.
M. tincta Brahm
M. nebulosa Hufn.
M. brassicae L.
M. persicariae L.
Dianthoecia carpophaga Bkh.
Hadena monoglypha Hufn.
H. rurea F.
H. basilinea F.
H. unanimis Tr.
Jaspidea celsia L.
Luceria virens L.
Leucania lythargyria Esp.
L. turca L.
Grammesia trigrammica Hufn.
Rusina umbratica Goeze
Panolis flammea Schiff.
Cucullia lactuacae Esp.
Scoliopteryx libatrix L.
Abrostola asclepiadis Schiff.
Catocala fraxini L.
Cymatophora or F.
Geometridae:
Geometra spec.
Geometra spec.
Biston strataria Hufn.
Boarmia consortaria F.
Boarmia spec.
Arctiidae:
Phragmatobia fuliginosa L.
Arctia caja L.
Oeonistis quadra L.
Sesiidae:
Trochilium apiforme Cl.
Sciapteron tabaniformis Rott.
Sesia culiciformis L.
Cossidae:
Cossus cossus L.
Zeuxera pyrina L.

A. Spezieller Teil.

Wie bei allen Insekten setzt sich der Darmkanal auch bei den Lepidopteren aus Vorder-, Mittel- und Hinterdarm zusammen. Während ersterer und letzterer ektodermalen Ursprungs sind, ist der Mitteldarm entodermaler Natur. Dieser Unterschied tritt auch bei einer äußerlichen, makroskopischen Betrachtung klar hervor: Während sich die ektodermalen Darmteile häutig, verhältnismäßig dünn, zäh, sowie farblos bis weißlich durchscheinend zeigen (Stellen mit stärkerer Muskulatur sind infolge der dickeren Wandung nicht durchscheinend), besitzt der Mitteldarm eine dicke, weiche und gefärbte Wandung. Weiterhin fehlt ihm die stärkere chitinöse Intima, welche dem Vorder- und Hinterdarm eigentümlich und teilweise mit retroversen Zähnchen und Dornen ausgestattet ist.

I. Der Falterdarm.

Der Darmkanal der Falter beansprucht einen mäßigen Teil des Körperraumes und zeigt hinsichtlich der Form, Stärke und Art der Ausbildung seiner Teile die größte Mannigfaltigkeit. Vorder- und Mitteldarm ziehen sich stets in gerader Linie an der Bauchseite des Körperinnern hin; der meist gewundene Hinterdarm dagegen wendet sich mit seinem Schlußteil zuerst rückenwärts, um dann schräg abwärts verlaufend zu endigen. Die Anhänge des Darmkanals, die paarigen Speicheldrüsen des Vorderdarms sowie die beiderseits zu je einer Gruppe zusammengefaßten Malpighischen Gefäße, welche dem Hinterdarm zugehören, begleiten den Darmtraktus in nächster Nähe und sind meist in zahlreiche Windungen gelegt (Abb. 20).

Der Vorderdarm (Stomodaeum).

Über den Vorderdarm der Falter besitzen wir eine ausreichende und zutreffende allgemeine sowie eine genügende, wenn auch in mancher Hinsicht anfechtbare spezielle Literatur (Petersen). Nach Deegener und Escherich gliedert sich der Vorderdarm in Mund (-höhle), Schlund (Pharynx), Speiseröhre (Oesophagus), Kropf (Ingluvies) und Abschlußmuskel (vorderer Pförtner, Cardia). Zahlreiche feine Längsfalten, weniger ebensolche Querfalten verleihen ihm eine beträchtliche Ausdehnungsfähigkeit.

Der Mund, welcher sich an den Saugrüssel als kurzer Kanal anschließt, sowie der darauffolgende eiförmige, muskulöse Schlund (Saug- und Pumporgan) liegen noch im Kopf des Falters. Die Fortsetzung des Pharynx bildet der Oesophagus, welcher sich durchweg als dünner, gerader Schlauch durch die feste Muskelmasse des Brustabschnittes, welcher auch seine Länge bestimmt, hinzieht (Abb. 1 u. 20). Gegen sein Ende zu tritt fast immer eine Erweiterung, ein Kropf im weiteren Sinn, auf (siehe Petersen). Ein solcher fehlt bei den Faltern selten ganz (Abb. 1 a);

selten auch kommt er in Form einer allseitigen Erweiterung, als eigentlicher Kropf vor, der dann aber nach meinen Beobachtungen nicht groß ist (Abb. 1 b, auch c u. d). Bei den allermeisten Faltern findet sich jedoch eine erhebliche einseitige dorsale Aussackung des Oesophagus von eiförmiger bis runder Gestalt und sehr kleinem bis außerordentlich großem Umfang (Abb. 1 e—r). Diese Art der Oesophaguserweiterung führt die Bezeichnung Vormagen; das manchmal gebrauchte Wort „Saugmagen" ist nicht angebracht, da der Kropf der Nahrungsaufbewahrung (wie auch der Luftaufnahme zur Flugerleichterung) dient, nicht aber eine saugende Tätigkeit auszuüben vermag. Man findet den Vormagen fast stets ganz oder teilweise mit Luft angefüllt; dieser verschiedene Füllungsgrad beeinflußt seine Größe und Form. Der wohlausgebildete Vormagen liegt, nach hinten gerichtet, in einem leichten Bogen über dem letzten Stück des Vorderdarms und dem Anfang des Mitteldarms, wobei er oft etwas nach rechts verschoben ist (Abb. 2).

Die Art und Weise der Ausbildung der Oesophaguserweiterung sowie ihr Auftreten bei den verschiedenen Falterarten ist wechselvoll. Es sind so folgende Formen festzustellen (Abb. 1):

a) Bei einem Teil der Spinner und Bären fehlt entweder jede Erweiterung (Abb. 1 a), oder es zeigt sich nur ein (sehr) kleiner allseitiger Kropf (Abb. 1 b), welcher in einigen Fällen eine kleine kurze Ausstülpung trägt (Abb. 1 c, d).

b) In allen übrigen Fällen ist ein (einseitiger) Vormagen zu beobachten. Dieser entspringt

1. nur manchmal mit einer breiten Ansatzstelle aus dem Oesophagus; dabei ist er zum Teil klein und funktionsunfähig (bei wenigen Spinnern und einigen Bären (Abb. 1 e—g), zum Teil aber wohlausgebildet und dabei länglich und mittelgroß (bei einem Teil der Spanner [Abb. 1 o]), sowie nach Angabe von Brandt bei einigen Sesien).
2. In den meisten Fällen besitzt der dann mehr oder weniger runde und manchmal sehr große Vormagen eine schmale Ansatzstelle am Oesophagus (Tagfalter z. T., einige Schwärmer, Spinner, Eulen und Spanner z. T.; ferner *Trochilium* nach Brandt — Abb. 1 k, m, p, q, r), oder es schaltet sich
3. zwischen Oesophagus und Vormagen ein verschieden langes rohrförmiges Verbindungsstück ein (Abb. 1 i, l, n); dieser „Vormagen mit deutlichem Stiel" findet sich bei dem andern Teil der Tagfalter, den meisten Schwärmern, wenigen Spinnern, einem Teil der Eulen, Spanner und Hepialiden.
4. Eine besondere Vormagenform ist den Zygänen eigen: Aus der Ventralseite eines Vormagens mit schmaler Basis entspringt kurz nach der Ansatzstelle distalwärts ein zweiter, etwas kleinerer Hautsack; es entsteht so ein doppelter Vormagen (Abb. 1 p).

Der letzte Teil des Vorderdarms wird durch das kurze (rohrähnliche) Stück zwischen Vormagen und Mitteldarmbeginn dargestellt. Es wechselt etwas in seiner Länge und ist gegenüber der Speiseröhre sowohl von größerem Durchmesser als auch von größerer Wandstärke und nimmt gegen den Mitteldarm hin oft an Umfang zu. Das Verbindungsstück stellt den muskulösen, regulierenden Abschluß des Vorderdarms einschließlich des Vormagens bezw. Kropfes gegen den Magen dar. Sharp, welcher in ihr im Gegensatz zu den anderen Autoren den Rest eines Proventriculus

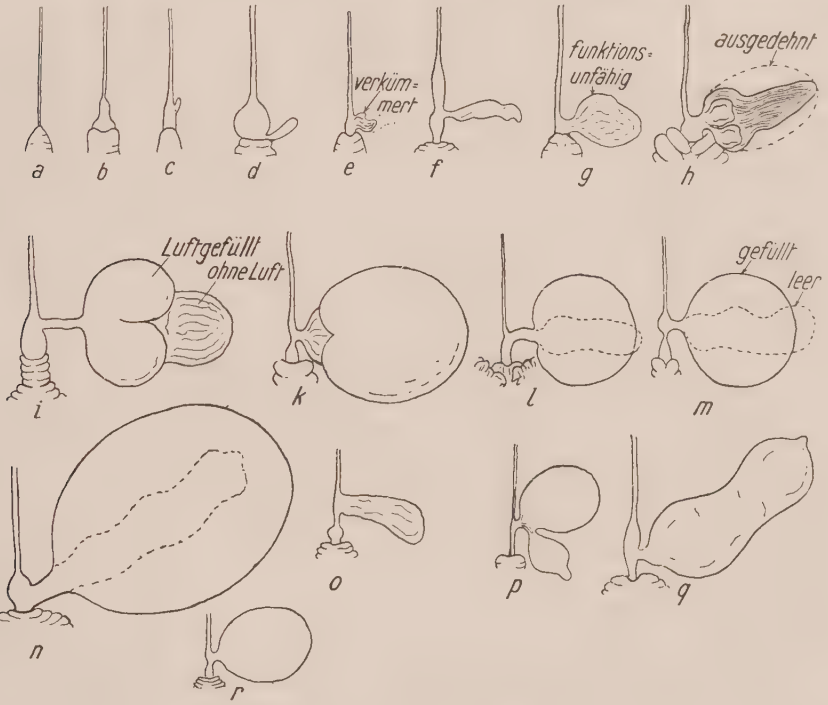


Abb. 1. Formen des Kropfes und Vormagens der Falter.
a O. antiqua L., *b* L. monacha L., *c* D. pini L., *d* D. pudibunda L., *e* D. sanio L., *f* L. dispar L., *g* C. dominula L., *h* C. fulminea Scop., *i* P. machaon L., *k* P. cecropia L., *l* V. io L., *m* B. mori L., *n* Sph. ligustri L., *o* Boarmia spec., *p* Zyg. filipendulae L., *q* H. pinastri L., *r* A. comma L.

(Kaugmagens) sieht, dürfte mit seiner Ansicht wohl nicht das Richtige treffen.

Ob man aber dieses Zwischenstück als verstärkten muskulösen Endteil des Oesophagus („Oesophagus-Stiel" nach Escherich) ansieht oder als besonderes, selbständiges Verbindungsstück zwischen Vormagen und Magen auffaßt, darüber läßt sich streiten. Die letztere Meinung, welche Bordas einmal andeutet („Der Vormagen besitzt eine Öffnung gegen die Speiseröhre und eine gegen den Magen"), hat fast mehr für sich, da das Zwischenstück, besonders beim Vormagen mit Stiel, nach Durchmesser und Wandstärke meist deutlich und einheitlich gegen den in seine Ventralseite einzumünden scheinenden Oesophagus abgesetzt ist; dieser Eindruck wird noch verstärkt durch einen sehr oft auftretenden bogenartigen Verlauf des Zwischenstückes, welcher mit der geraden Linie des Oesophagusverlaufes nicht im Einklang steht (Abb. 1 l u. 2).

Der Übergang zwischen Vorder- und Mitteldarm vollzieht sich, von außen gesehen, meist einfach. Eine tiefere Ringfalte, also eine stärkere Einstülpung des Vorderdarmendes in den Magenanfang (eine Valvula cardica) konnte ich nicht beobachten, wohl aber ein (von einer eventuell möglichen Einstülpung unabhängiges) rohrzapfenförmiges Hineinragen des Vorderdarmendes in den Mitteldarm bei glattem, äußerem Übergang („Ventilschlauch" nach Escherich). Diese Art der Einschiebung (Abb. 2a, b) wird im Gegensatz zur ersteren, welche nach den Angaben der Literatur nur bei leerem Darm zu finden ist, durch den Füllungsgrad des Magens nicht beeinflußt, da sie fest und nicht zurückziehbar ist. Ein deutlicher Ringwulst am Magenbeginn zeigte sich nicht.

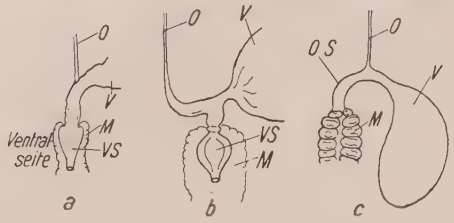


Abb. 2.
Verbindung Vormagen-Mitteldarm bei den Faltern.
O Oesophagus, *M* Mitteldarm, *V* Vormagen, *VS* Ventilschlauch, *OS* Oesophagusstiel.
a P. napi L., *b* H. monoglypha Hufn., *c* Arg. lathonia L.

Die Speicheldrüsen (Labialdrüsen).

Die meisten Autoren bezeichnen die Speicheldrüsen als paarige langgestreckte, schlauchförmige Organe, welche Brust und Kopf durchziehen und durch einen unpaaren gemeinsamen Gang, den Speichelgang (Spritzapparat nach Wolff und Krausse), an der Ligula in die Mundhöhle einmünden (so Deegener und Imms). Nur Berlese und Kolbe unterscheiden einen größeren sezernierenden distalen und einen kurzen und dünneren ausführenden proximalen Teil.

Diese Angaben lassen sich auf Grund meiner Beobachtungen folgendermaßen erweitern:

Es sind verschiedene Formen der Speicheldrüsen zu unterscheiden:

a) Ungefähr gleichmäßig starke schlauchförmige Drüsen von sehr verschiedener Länge und Windungsstärke mit nachstehenden Unterformen:

1. Die Drüsen sind im ganzen Verlauf fast gleich stark; kurz vor der Vereinigung kann eine kleine Verdickung auftreten. An ihrem distalen Ende findet sich manchmal ein ganz kurzer feiner Endfaden oder eine kleine schwache Verdickung; die Drüsen sind von mittlerer bis geringer Länge und Windungsstärke: Bei Tagfaltern, Spinnern, Eulen und Bären (Abb. 3a—c, e—h).

2. Ein kürzerer dünnerer Ausführteil und ein langer stärkerer Sekretionsteil sind deutlich voneinander unterschieden (Abb. 3d, l). Vor der Vereinigung der Drüsenschläuche zeigt sich ein kleines und kurzes bis sehr starkes und langes, dabei oft zum größten Teil eng quergefaltetes (dehnungsfähiges) erweitertes Stück (Abb. 3, d, l). Die Drüsen sind immer in Schlangenlinienform gewunden: Bei Tagfaltern und Eulen.

3. Ausführteil und Sekretionsteil sind ungefähr gleich lang, sehr deutlich durch verschiedene Stärke unterscheidbar, ziemlich kurz und kaum gewunden; vor der Vereinigung tritt eine kleine Verstärkung auf: Bei *Lithosia* (Abb. 3 o).

Abb. 3. Formen der Speicheldrüsen der Falter.
a P. machaon L., *b* A. prorsa L., *c* M. athalia Rott., *d* V. cardui L., *e* Ph. bucephala L., *f* D. pudibunda L., *g* O. antiqua L., *h* T. amata L., *i* A. atropos L., *k* D. euphorbiae L., *l* A. pronuba L., *m* Zyg. trifolii Esp., *n* D. sanio L., *o* L. deplana Esp.

b) Nicht (ungefähr) gleichmäßig schlauchförmige Drüsen:

1. Ein stark bis sehr stark gewundener dünner ziemlich kurzer Ausführteil setzt sich in einen langen und stärkeren Sekretionsteil fort, welcher an seinem distalen Ende eine mäßig bis sehr große keulenförmige längliche Erweiterung, welche manchmal noch einen kurzen feinen Endfaden besitzt, trägt. Vor der Vereinigung zeigt sich meist ein längerer quergefalteter verstärkter Teil; der ganze Drüsenschlauch ist lang bis sehr lang und dementsprechend stark gewunden! Der ausschließliche Typ der Schwärmer (Abb. 3 i, k).

2. An einen geraden und nicht langen Ausführteil schließt sich ein sehr viel stärkerer, einmal proximalwärts gebogener und ungefähr doppelt so langer Sekretionsteil mit einem kurzen Endfaden an. Die ganze Drüse ist ziemlich klein: Bei Bären (*Diacrisia*, Abb. 3 n).

3. Auf den unpaaren Speichelgang folgt eine größere keulenförmige längliche Blase, an deren rundes hinteres Ende sich ein (ungefähr dreimal) längerer, schwach gewundener und dünner schlauchförmiger Teil anschließt; im ganzen ist die Drüse nicht lang: Bei Zygänen (Abb. 3 m).

Diesen verschiedenen Drüsenformen steht eine wechselnde Lage im Körper (Brustabschnitt) gegenüber:

1. Die einfach schlauchförmigen Drüsen, welche ziemlich regelmäßig und einfach gewunden sind, ziehen sich nahe nebeneinander zu beiden Seiten des Oesophagus, zum Teil auch unter diesem, hin. Längere Formen erreichen den Magen, unter welchem sie noch ein kurzes Stück verlaufen. Am Oesophagus können sie ihre Richtung einmal ändern, indem sie in ihren Verlauf ein umgekehrt gerichtetes Stück einschalten (Abb. 3 b).

2. Die Drüsenformen von *Zygaena* und *Lithosia* begleiten den Oesophagus in schwachen Windungen, ohne bis zum Magen zu gelangen (Abb. 3 m, o).

3. Die Drüse von *Diacrisia* verläuft ein Stück gerade am Oesophagus herab und kehrt dann in scharfem Bogen nach vorne zurück (3 n).

4. Die Schwärmerdrüsen ziehen sich in sehr starken, engen und vor allem breiten, meistens doppelten Windungen nur bis zur Mitte des Oesophagus hin. Bei geringerer Windungsstärke wird ein Ausgleich durch eine Rückkehr nach vorne und eine abermalige Umkehr geschaffen (Abb. 3 i).

Das distale Ende der Drüsenschläuche ist stets abgerundet und liegt frei, wenn die Drüse noch im Thorax endet; darüber hinausreichende Drüsenteile sind mit Fettkörper und Tracheen verwoben.

Der Speichelgang befindet sich stets im Kopf und mündet von unten her in den Rüssel ein (bei der Wurzel der Palpen).

Interessant ist die bereits erwähnte und bis zu ein Siebtel oder Achtel der ganzen Drüsenlänge einnehmende Verstärkung der Drüsenschläuche vor ihrer Vereinigung zum Speichelgang (Abb. 3 k, l). Sie stellt wahrscheinlich einen muskulösen Ausspritzapparat dar, wobei der verstärkte Teil, besonders wenn er durch eine Faltung erweiterungsfähig ist, als Ansammlungsbehälter dient. Besonders ausgebildet traf ich diese Erscheinung an bei Schwärmern und Eulen, weniger stark und ohne Querfaltung bei einem Teil der Tagfalter. Den Speichelgang selbst fand ich nie besonders verstärkt; nur zeigte er öfters eine festere (muskulöse) Wandung. In den Fällen, bei denen die beschriebene Verstärkung nicht auftritt, wird er wohl allein die Ausführung des Sekretes zu besorgen haben.

In ihrem Aussehen sind die Drüsen mehr oder weniger farblos bis weißlich durchscheinend; der Ausführteil ist stets durchsichtig. Endblasen sind mit wässerig-klarem Sekret gefüllt. Außer an den gefalteten Ausspritzungsverstärkungen zeigen sich die Drüsen meist prall und glatt, fest und häutig und beweisen auch so ihre Zugehörigkeit zum Vorderdarm. Eine feine Querfaltung des ganzen Drüsenschlauches ist selten (z. B. bei *A. Pronuba*, Abb. 3 l).

Die Stärke der Drüsen ist auch bei gleichartigen Formen recht verschieden; neben sehr dünnen (bei einigen Tagfaltern und Spinnern) kommen auch sehr starke (bei einigen Tagfaltern [Abb. 3 c], wenigen Spinnern und mehreren Eulen) vor. Besonders lange (und entsprechend stark gewundene) Drüsen fanden sich bei einigen Tagfaltern und Eulen (Abb. 3 b, l), besonders kurze bei vielen Spinnern und einer Anzahl von Spannern (Abb. 3 g, h).

Bei einigen Spinnern und wenigen Spannern, sowie bei *Hepialus* konnte ich mit der Binokularlupe überhaupt keine Speicheldrüsen feststellen. Solche können hier entweder wirklich fehlen oder aber nur ganz rudimentär vorhanden sein.

Der Mitteldarm (Magen, Mesenteron).

Eingehendere Untersuchungen über den Faltermagen liegen nicht vor. Die allgemeine Literatur bezeichnet ihn als einfachen, geraden und gefalteten Schlauch von geringer Ausdehnung, welchem drüsige Gebilde fehlen (so Deegener und Jordan), dem aber reichliche innere Wulstbildung des Epithels eigen sei (Frenzel, Jordan) und welcher mit der Einmündungsstelle der Malpighischen Gefäße sein Ende findet.

Dieses Bild ist im allgemeinen insofern nicht zutreffend, als gerade der Magen bei den Faltern der morphologisch vielseitigste Teil des Darmes ist.

Es zeigte sich, daß das hintere Ende des Mitteldarmes, welches durch einen glatten, geraden oder manchmal leicht eingebuchteten Rand vom Hinterdarm deutlich zu unterscheiden ist (wie der vordere Rand vom Vorderdarm), von der Einmündungsstelle der Malpighischen Gefäße ganz unabhängig ist; denn diese Mündung erfolgt einmal vor, einmal mit und einmal nach diesem äußerlich sichtbaren Ende (Näheres darüber bei der Besprechung der Malpighischen Gefäße, S. 221).

Der Faltermitteldarm tritt uns in sehr verschiedenen Formen entgegen, welche für die einzelnen Familien teilweise charakteristisch sind. Ich konnte folgende Typen feststellen:

1. Sehr häufig ist der längliche schlauchförmige Magen, der einen leicht verstärkten Anfangs- oder Mittelteil zeigen kann. Die Verbindung von sehr verschiedenem Durchmesser mit wechselnder Länge (sowie die vielgestaltige Drüsen- und Querfaltenausbildung) verleihen dieser Magengrundform ein sehr wechselvolles Aussehen. Sie ist bei allen Tagfaltern, Spannern, Zygänen, einem Teil der Spinner und — als Ausnahme — auch bei Eulen zu finden (Abb. 4 a—i, l, n—o, q—s, y, z).

2. Als zweite Magenform ist der ei- bis spindelförmige Magen einiger weniger Spinner, von *Lithosia* und *Hepialus* zu nennen (Abb. 4 m, p, x). Er ist nicht groß, meist quergefaltet und ähnelt dem

3. birnförmigen Magen einiger weniger Spinner und Eulen, welcher mehr eine seltene Übergangsform darstellt (Abb. 4 k, v_1, v_2). Ebenfalls nicht häufig ist der auf einige Spinner beschränkte

4. runde, ziemlich kleine und stets quergefaltete Magen (Abb. 4 w_1, w_2).

5. Von diesen einheitlichen Mitteldarmformen sind deutlich getrennt die geteilten, welche aus einem breiten runden Anfangs- und einem schlauchförmigen dünneren Schlußteil bestehen (kochlöffelähnliche Gestalt). Hierbei ist zu unterscheiden:

α) der typische Magen der Schwärmer mit seinem großen, breiten „Kopfteil" (Hauptteil) und einem „Stiel", der höchstens so lang ist als jener (Abb. 4 t_1, t_2), und

β) die Form mit etwas kleinerem runden Anfangsteil, aber mindestens ebenso —, meist aber zwei- bis dreimal so langem schlauchartigen Teil (Hauptteil). Diese Magenart ist von erheblicher Länge und kommt nur den Eulen (und diesen fast durchweg) zu (Abb. 4 u_1, u_2).

Bei beiden Formen ist der runde Anfangsteil gegenüber dem Schlußteil von sehr schroff bis zu allmählich verlaufend abgesetzt, und zeichnet sich meist auch noch durch eine stärkere, teils auch drüsige Querfaltung mit einer Mittellängsvertiefung aus.

In den meisten Fällen besitzt der Mitteldarm eine Faltung. Während Längsfalten nur wenig und unregelmäßig angeordnet auftreten (besonders bei geringer Magenfüllung), ist eine regelmäßige enge Querfaltung der Wand in den meisten Fällen anzutreffen. Neben der mittelstarken, bei fast allen Familien vorkommenden Ausbildung ist sie einerseits auch als feine Querrippung (bei Tagfaltern und Spannern), anderseits aber auch in Form von mehr oder weniger breit und stark hervortretenden und oft selbst nochmal fein gefalteten Wülsten mit entsprechend tiefen Zwischenräumen zu finden (bei Tagfaltern, Schwärmern, Spinnern und Eulen) (Abb. 4 g, q, s, v_1, v_2). Die letztere Art ist jedoch seltener und dabei z. T. auf den Magenanfangsteil beschränkt. Im allgemeinen ist die Querfaltung, abgesehen von einer sehr oft auftretenden stärkeren Entwicklung am Anfangsteil wie manchmal auch an den Seitenflächen, über den ganzen Mitteldarm hin gleichmäßig und gleichartig ausgebildet. An der Ventralseite des Magens läßt sich jedoch in einigen Fällen eine andere Faltungsart beobachten als an den übrigen Seiten. Von einem verschiedenen Füllungsgrad des Magens wird ihr Aussehen meist nur verhältnismäßig wenig beeinflußt.

Breitere Magenformen oder Magenteile besitzen oft oben und unten, weniger an den beiden Seiten, eine verschieden deutlich ausgeprägte schmale mittlere Längsvertiefung, durch welche bei stärkerer Ausbildung die Querfalten unterbrochen werden.

Eine Anzahl von Faltern (einige Tagfalter, Spinner, Spanner, Bären, Zygänen und *Hepialus* z. T.) besitzt einen Magen ohne deutliche äußere Querfaltung, also mit fast ganz glatter Außenwand (Abb. 1 a, c, n, p, r, x, y).

Die dem Magenlumen zugewandte innere Fläche der Magenwandung weist eine starke, reiche und meist doppelte tiefe Querfaltung auf, welche

von dem Vorhandensein einer irgendwie gearteten Faltung der äußeren Oberfläche unabhängig ist und zu welcher auch noch stärkere Längsfalten treten können.

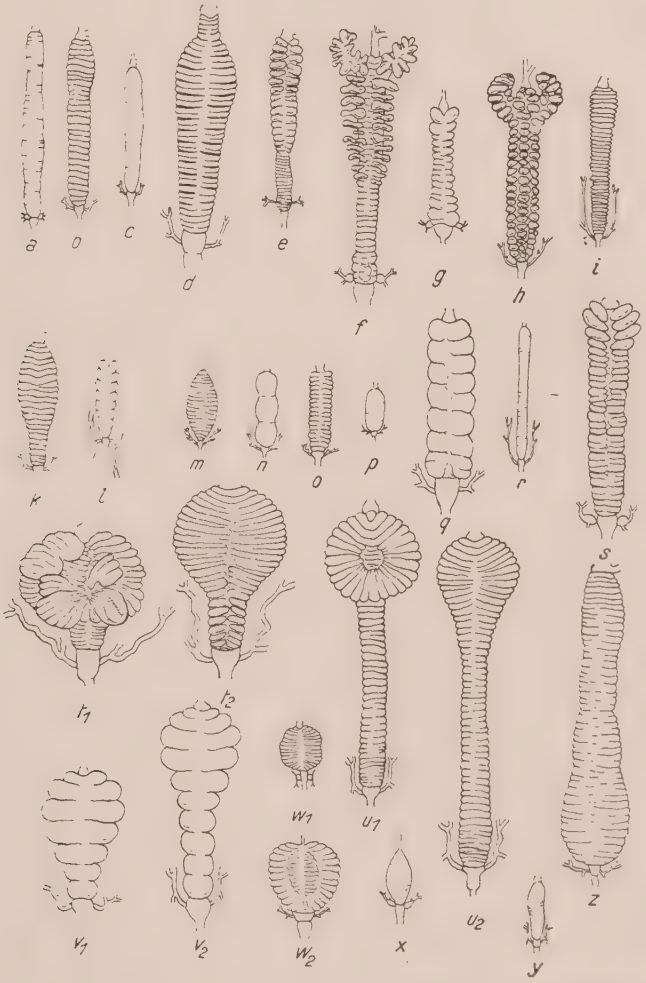


Abb. 4. Formen des Mitteldarmes, des Pylorus und Art der Mündungsstelle der Malpighischen Gefäße bei den Faltern. (Fig. v_1 und v_2 sind etwas stärker vergrößert.)

a P. brassicae L., *b* A. selene Schiff., *c* L. sinapis L., *d* P. machaon L., *e* V. urticae L., *f* V. io L., *g* A. prorsa L., *h* A. aglaia L., *i* A. comma L., *k* Ph. bucephala L., *l* B. mori L., *m* L. complana L., *n* T. amata L., *o* Boarmia spec., *p* Hep. sylvina L., *q* P. cecropia L., *r* A. ningpoana Feldr., *s* C. fulminea L., t_1 Deil. euphorbiae L., t_2 Sph. ligustri L., u_1 H. monoglypha Hufn., u_2 A. pronuba L., v_1 P. flammea Schiff., v_2 P. flammea Schiff. und C. fulminea L. z. T., w_1 L. dispar L., w_2 St. salicis L., *x* O. antiqua L., *y* D. pini L., *z* Das. pudibunda L.

Die erwähnten starken Wulstquerfalten am Magenanfangsteil scheinen einen Übergang zu bilden zu den drüsigen Auswüchsen, welche ich als erhabene, wulst-, warzen- und knollenförmige Divertikel von der gleichen Konsistenz wie die Magenwand an einer Anzahl von Mitteldärmen vor-

gefunden habe (besonders bei mehreren Tagfaltern, weniger bei Schwärmern und Eulen). Es waren dabei folgende Arten dieser in der Literatur nicht bekannten Drüsengebilde zu unterscheiden:

1. Bei der stärksten und auffallendsten Ausbildung entspringt am Anfang des Magens jederseits ein (flügelähnlicher) proximal gerichteter Fortsatz von unregelmäßig warziger Oberfläche. Daran anschließend ist die erste Hälfte des Magens von vier Längsreihen ziemlich schmaler, hoher, einzeln und quer stehender Drüsenwarzen besetzt. Jede Warzenreihe nimmt eine Hälfte der Ober- bezw. Unterseite und einer Seitenfläche des Magens ein. Zwischen den Drüsen ist die normale Querfaltung des Magenschlauches erkennbar. Die zweite Hälfte des Magens zeigt keine Besonderheit: Bei *V. io* L. und *P. atalanta* L. (Abb. 4 f).

2. Der ganze Magen, welcher ebenfalls Anfangsfortsätze trägt, ist von sechs Reihen regelmäßig und dicht nebeneinander angeordneter mehr rundlicher und niedrigerer Drüsenwarzen besetzt (ähnlich einem Maiskolben): Einmal bei *Arg. aglaia* L. (Abb. 4 h).

3. Die obigen Drüsenwarzen können — sowohl an den „Flügelfortsätzen" als auch am übrigen Magenteil — mehr oder weniger miteinander oder mit den Querfalten verschmolzen sein, so daß das Bild einer besonders starken, teilweise etwas unregelmäßigen wulstigen Querfaltung entsteht. Die Anfangsfortsätze können dabei in Wegfall kommen. Es ergibt sich so eine ganze Anzahl von Abstufungen und Verschiedenheiten, wobei aber fast immer nur die erste Hälfte des Magens drüsig ist (Abb. 4 e, 2 c).

Auffallend ist, daß nicht nur der Grad der Ausbildung, sondern auch die Art der Ausformung der Drüsen bei verschiedenen Exemplaren der gleichen Falterart sehr wechseln. Ersteres wird zum Teil eine Zustandserscheinung sein.

Die Innenwand des Mitteldarms erscheint in allen diesen Fällen ohne makroskopisch wahrnehmbare Besonderheit.

4. Bei einigen wenigen Schwärmern zeigt der Magen an seinem runden Hauptteil (beiderseits oder nur an der Unterseite) unregelmäßig angeordnete und geformte größere knollen- bis lappenartige Auswüchse („Knollendrüsen"), welche teilweise gefaltet sind. Daneben ist eine wohlausgebildete Querfaltung der Magenwand vorhanden (Abb. 4 t). Als letzte Form kommen wahrscheinlich noch

5. Wulstdrüsen vor, welche starken, einzeln hervorregenden Querfalten äußerlich gleichsehen und von diesen makroskopisch schwer zu unterscheiden sind (vielleicht sind auch beide identisch). Sie sind fast stets auf den Magenanfang beschränkt und treten meist in der Querrichtung angeordnet auf (Abb. 4 s); bei einigen Eulen finden sie sich jedoch auf der Ober- und Unterseite des runden Magenanfangsteils, radial verlaufend vor, wobei sie in der Mitte eine kleine, normal gefaltete Stelle frei lassen, welche einer Längsrille beim Querverlauf entspricht (Abb. 4 u_1). Am Magenende sind Wulstdrüsen selten zu finden (Abb. 4 t_2).

Als Eigenfarbe der Magenwand war grün, oliv, grüngelb, gelb, braun und (selten) rot zu beobachten.

Die relative Größe des Faltermagens ist bei den verschiedenen Arten erheblichen Schwankungen unterworfen (Näheres siehe unter „Größenverhältnisse", S. 251). Individuelle Verschiedenheiten in der Magenausgestaltung treten dagegen außer bei der Drüsenausbildung nur in mäßigem Umfang auf (Abb. 4 v_1 u. v_2, v_2 u. s).

Der Hinterdarm (Proctodaeum).

Die ziemlich umfangreiche Literatur über den Hinterdarm weist Unvollkommenheit und Gegensätzlichkeit der Anschauungen auf (besonders hinsichtlich der Bezeichnung und Einreihung der Hinterdarmabschnitte). Auf Grund meiner Beobachtungen schließe ich mich der Auffassung Deegeners an, welche sich auf genaue histologische Untersuchungen an einer Spinnerart gründet. In Übereinstimmung mit Berlese, Escherich und Imms besteht danach der Falterhinterdarm aus dem Pylorusabschnitt (hinterer Pförtner, Valvula pylorica), dem Dünndarm (Ileum), dem Rektum und aus der sich zwischen die beiden letzten Abschnitte einschiebenden Coecalerweiterung; der Besitz eines Colons (Dickdarms) wird demnach den Lepidopteren nicht zuerkannt.

Der Pylorialteil (Pförtner), ein muskulöser Verschlußapparat von meist geringer Längenausdehnung, schließt sich mit seinem weniger muskulösen Anfangsabschnitt an den Mitteldarm an. So entsteht zwischen diesem und dem nachfolgenden kräftigen Sphinkter als seinem Hauptteil ein kleines Zwischenstück (welches äußerlich jedoch nicht immer deutlich unterscheidbar ist), das man als den Vorhof des eigentlichen Pförtners ansprechen kann. Der Pylorialteil trägt in den meisten Fällen die äußeren Einmündungsstellen der Malpighischen Gefäße. Diese makroskopischen Beobachtungen gelten für (fast) alle Falter und werden durch Deegeners histologische Untersuchungen an *Malacosoma castrense* L. bestätigt.

Der Pylorialabschnitt erscheint im allgemeinen dem Mitteldarmende gegenüber dünner, im Vergleich zu dem nachfolgenden Dünndarm jedoch verdickt und zeigt eine umgekehrt glocken-, birn- oder kegelartige, sowie auch ovale bis kurz zylindrische Form (Abb. 4). Er ist bei den Faltern (im Gegensatz zu den Raupen) nicht stark entwickelt.

In den wenigen Fällen, bei denen der Pylorialabschnitt äußerlich nicht ohne weiteres erkennbar ist, wird er durch eine Einstülpung des Hinterdarmbeginns in den Mitteldarm verdeckt. Nach der makroskopischen Untersuchung kann man hier anscheinend zwischen einer beweglichen, je nach dem Füllungsgrad des Magens schwankenden, im ganzen aber geringen Valvula pylorica und einem allein oder in Verbindung mit dieser auftretenden festen, nicht veränderlichen rohrstummelartigen Hineinragen des Hinterdarmbeginns in das Magenende (entsprechend dem „Ventilschlauch" beim Vorderdarm) unterscheiden.

Der Dünndarm (Ileum), welcher nach Deegener und anderen innen die typischen sechs Längsfalten des Hinterdarms aufweist, schließt sich als sehr verschieden langes und dementsprechend gewundenes, meist gleichmäßig mehr oder weniger dünnes und äußerlich glattes Rohr an. Es entsteht im allgemeinen zwischen Pylorusende und Dünndarmbeginn ein kleiner Absatz, der aber durch eine manchmal auftretende anfängliche kleine Erweiterung des Dünndarms verschwinden kann. Eine ab und zu vorkommende unregelmäßig knorrig aussehende Oberfläche (Abb. 20 k) ist als Zustandserscheinung zu werten; sie kann sich auf den ganzen Dünndarm erstrecken, bevorzugt aber seinen letzten Teil, welcher dazu vorübergehend erweitert (Abb. 20 d) und auch noch fein quergetaltet sein kann. Diese Beobachtung stimmt ebenfalls mit den histologischen Befunden Deegeners überein.

Der Dünndarm ist der einzige Abschnitt des Darmkanals, welcher gewunden sein kann, was durch seine sehr wechselvolle Länge bedingt wird. So trifft man ihn (Abb. 20) 1. gerade bis nur schwach gewunden und entsprechend kurz bei mehreren Tagfaltern, vielen Spinnern, Spannern, Bären zum Teil (Abb. 20 b, e, g, i, l, o—q), nie bei Schwärmern und nur selten bei Eulen; 2. von mittlerer Länge und Windungsstärke bei allen Familien (besonders bei Tagfaltern, Abb. 20 a, f, h, m); 3. viel und stark gewunden als Ausdruck einer großen bis sehr großen Länge besonders bei den Schwärmern und Eulen (Abb. 20 n, r, s), selten bei Tagfaltern (Abb. 20 c) und Spannern (Abb. 20 d), ausnahmsweise bei Spinnern (Saturniden, Abb. 20 k). Die Zahl der Windungen bewegt sich von eins über im Mittel drei bis vier bis zu sechs und sieben (Schwärmer); die Windungen selbst verlaufen meist von Körperseite zu Körperseite (also liegend) und sind, außer bei vielen Schwärmern, im allgemeinen nicht regelmäßig. Die Länge des Dünndarms, welcher den weitaus größten Teil des Hinterdarms und einen großen des ganzen Darmes einnimmt, ist auch individuell Schwankungen unterworfen. Selten ist der Dünndarm stark, öfters dagegen sehr schwach (Tagfalter, Eulen und Spanner).

Auf den Dündarm folgt eine verschieden starke, meist mit einem proximal gerichteten dorsalen Blindsack versehene mäßig lange Erweiterung des Hinterdarms. Die meisten Autoren bezeichnen diesen Abschnitt als Colon (Dickdarm); nur Deegener und Chun, denen ich mich nach meinen Beobachtungen anschließen kann, verneinen auf Grund histologischer Untersuchungen das Vorhandensein eines solchen und ziehen den Coecalteil, wie ich diesen Abschnitt nennen möchte, bereits zum Rektum. Der Coecalteil, dessen Beginn und Ende äußerlich durch eine Art Verschluß (in Form einer Einschnürung oder eines Knotens) hervorgehoben sein kann, tritt in verschiedenen Formen auf, von denen nur zwei — Erweiterung mit und ohne „Blinddarm“ — in der Literatur bekannt sind (Petersen). Nach meinen Feststellungen besteht er aber

1. nur oder fast nur aus einer länglichen Erweiterung, nämlich entweder ohne jeden blinden Fortsatz (mehrere Tagfalter [Abb. 5 a], die Zygänen) oder mit einem nur ganz kleinen solchen am Anfang (einige Tagfalter [Abb. 5 c], *Lithosia* zum Teil);

2. aus einer Erweiterung und einem verschieden großen Blindsack. Dabei ist zu unterscheiden:

α) ein wohlausgebildeter Blindsack am Anfang der Erweiterung, welcher also neben dem Ende des Dünndarms entspringt und der stets dünner und kürzer als die Erweiterung selbst ist: Mit Ausnahme der Zygänen bei allen Familien (Abb. 5 d, e, f, p).

β) Die Erweiterung verschiebt sich proximalwärts so, daß der Dünndarm nicht in ihren Anfang, sondern ungefähr in die Mitte ihrer Ventralseite einmündend erscheint; an ihren vordern Teil setzt sich der eigentliche dünnere Blinddarm meist deutlich unterscheidbar (besonders bei gefülltem Zustand) an. Der ganze blinde Teil ist so groß oder größer als der nicht blinde: Bei Tagfaltern, Schwärmern, Spinnern, Eulen und Bären (Abb. 5 g – k).

γ) Die Dünndarmmündung gelangt durch noch weitere Vorverschiebung der Erweiterung an deren distales Ende; der eigentliche Blinddarm ist aber nicht mehr deutlich unterschieden, so daß man auch sagen kann, es besteht nur ein großer (wurstförmiger) Blindsack, während die Erweiterung fehlt und der Dünndarm fast unmittelbar in das (eigentliche) Rektum übergeht: Selten bei Tagfaltern und Spinnern (Abb. 5 l, m).

3. Bei Eulen treten am Coecalteil vereinzelt zwei Blindsäcke auf, welche an den beiden Enden der Erweiterung sitzen, und zwar

α) einmal so, daß der sonst der Form 2 β entsprechende Coecalteil an der Ventralseite vor seinem distalen Ende, also unter und vor der Austrittsstelle des Rektums, einen weiteren, etwas kleineren, distalwärts gerichteten Blindsack trägt (Abb. 5 n),

β) das andere Mal so, daß der zweite Blindsack, welcher ebenso groß ist wie der erste, über und hinter der Austrittsstelle des Rektums ausgebildet ist, so daß also das Ende des Dünndarms und der Beginn des Rektums nahe nebeneinander in die Mitte der Ventralseite der Erweiterung zu liegen kommen (Abb 5 o).

Bei der letzterwähnten Form war daneben beiderseits je eine große birnförmige, prall gefüllte und gelblich durchscheinende Blase der Länge nach angeschmiegt, deren dünneres Ende in das Lumen der Coecalerweiterung mündete, während das entgegengesetzte Ende einen langen, ziemlich starken und mäßig gewundenen Drüsenschlauch in der Richtung gegen den Mitteldarm zu entsandte.

Diese Erscheinung stellt eine auffallende Ausnahme dar, mag man sie nun als besondere „Coecaldrüsen" erklären oder mit dem weiblichen Geschlechtsapparat in Verbindung bringen (das untersuchte Tier war ein Weibchen von *Catocala fulminea* Scop.). Denn Kittdrüsen z. B. fand ich öfters oberflächlich mit dem Coecalteil verwoben, nie aber zeigte sich eine Verbindung mit dessen Lumen. In der Literatur war keine Aufklärung darüber zu finden.

Eine Eigentümlichkeit des Coecalteils der Falter stellt der Besitz von Rektaldrüsen dar. Diese sind nach Deegener und Chun konvex-

konkave, runde große Zellen, welche, sechzig bis zweihundert an der Zahl, dicht nebeneinander zwischen Basalmenbran und Intima sitzen und bei allen Faltern am Coecalteil und Rektum vorkommen. Ich konnte sie bei meinen mehr makroskopischen Untersuchungen nur bei einem Teil der Falter und nur am Coecalteil deutlich beobachten. Sie zeigten sich dabei meist als runde weißliche Punkte (Abb. 5 d, e, k, m), manchmal aber auch als kugekartig nach außen vorgewölbte Bläschen mit wässerigem Inhalt (Abb. 5 p) auf der Wand der Coecalerweiterung, während der Blinddarm fast stets frei von ihnen war (Abb. 5 d, p).

Die Größe des Coecalteils wechselt ziemlich stark — teils an sich, teils durch verschieden starke Füllung, teils auch individuell. Die dünne,

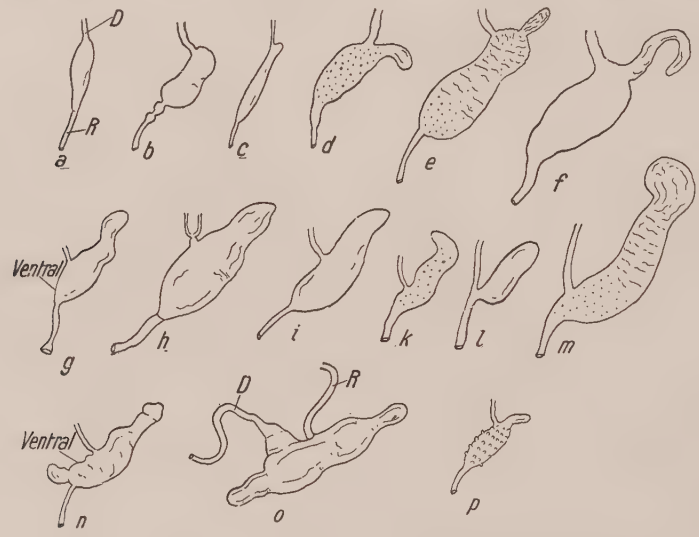


Abb. 5. Die Coecalerweiterung des Falterhinterdarmes.
a M. athalia Rott., *b* V. io L., *c* C. arcania L., *d* P. machaon L., *e* H. pinastri L., *f* A. atropos L., *g* E. jurtina L., *h* H. monoglypha L., *i* A. caja L., *k* P. flammea Schiff., *l* P. brassicae L., *m* D. pudibunda L., *n* E. lucipara L., *o* C. fulminea L., *p* P. flammea Schiff. *D* Dünndarm, *R* Rektum.

ziemlich zarte Wand der Erweiterung ist in zahlreiche feine Falten gelegt, welchen sie eine sehr beträchtliche Ausdehnungsfähigkeit verdankt. Der Blinddarm ist demgegenüber meist zäher und weit weniger ausdehnungsfähig.

Das Rektum (Mastdarm) ist der letzte, kurze und enge Abschnitt des Proctodacums und damit auch des ganzen Darmes. Es schließt sich unmittelbar an den Coecalteil, in welchem es nach Deegener etwas eingestülpt sein kann, an und hat eine feste, feingefaltete Wand; infolgedessen besitzt es auch eine recht bedeutende Erweiterungsfähigkeit. Hinsichtlich seiner Länge ist es keinen großen Schwankungen unterworfen (Abb. 5).

Analdrüsen, welche nach Lang bei Faltern ab und zu auftreten sollen, konnte ich nicht vorfinden.

Die Malpighischen Gefäße.

Die Malpighischen Gefäße sind der in der Literatur am besten bekannte Teil des Falterdarmes. Alle Autoren erkennen sie als zum Hinterdarm gehörig an; nur hinsichtlich ihrer Mündungesstelle herrscht keine Einigkeit. Sie wird an den Schluß des Mitteldarmes (Wolff und Krauße), vor, an oder hinter den Pylorus (Berlese, Deegener u. a.) verlegt, und zwar fälschlicherweise immer ausschließlich an die jeweils angegebene Stelle. Der Verlauf der Gefäße, ihre blinde Endigung, eine ab und zu vorkommende Knorrigkeit, sowie die Ausbildung des gemeinsamen Basalstückes von je drei Schläuchen als Verschluß (eine Art Pylorus) und manchmal als Blase werden im ganzen zutreffend geschildert. Eingehendere Untersuchungen morphologischer Natur stammen von Schindler, Venetinani, in geringerem Ausmaße auch von Petersen und Cholodkowsky.

Venetiani schildert, nebenbei bemerkt, auch die bei Kleinschmetterlingen selten auftretende Einzelmündung der Schläuche, sowie die baumartig verzweigte Form der Gefäße beim Falter von *Galeria mellonella*; Schindler berichtete bereits 1878 all das zusammen, was bis heute in den Sammelwerken stückweise und manchmal unrichtig verallgemeinert oder überhaupt nicht mehr zu finden ist (so die Entdeckung, daß bei Schwärmern gefiederte auch Gefäße vorkommen).

So habe ich hier in der Hauptsache ergänzend und erweiternd, weniger berichtigend folgendes zu erwähnen:

Meist treten die beiden Basalstücke der Malpighischen Gefäße, deren Zahl bei den sogenannten Großschmetterlingen immer sechs beträgt, nicht genau seitlich, sondern etwas ventralwärts verschoben, manchmal sogar direkt an der Bauchseite (Abb. 4t) an den Darmkanal heran. Diese äußere Mündungsstelle liegt verschieden:

1. Am Endteil des Magens ist sie zu beobachten bei vielen Tagfaltern, bei Spinnern und Zygänen (dabei oft in Verbindung mit einer „Harnblase“ — Abb. 4e, f, g). Dabei hat es nach den makroskopischen Untersuchungen in verschiedenen Fällen (z. B. bei *V. urticae L.* Abb. 4e) den Anschein, als ob die Mündungskanäle der Malpighischen Gefäße durch die Mitteldarmwand hindurch in den rohrzapfenartig und unbeweglich in das Mitteldarmende hereinragenden Hinterdarmanfangsteil einliefen. Beim Fehlen dieses Hinterdarmzapfens wäre ein Herablaufen der Kanäle an der Innenseite der Magenwand bis zum Pylorus denkbar. (Die Klärung dieser Verhältnisse wäre nur durch mikroskopische Nachprüfung zu erbringen.)

2. Eine Mündung in die Grenze zwischen Mittel- und Hinterdarm war selten zu sehen (Abb. 4a). Sie kann dabei wirklich vorhanden sein oder aber auch nur vorgetäuscht werden dadurch, daß die in Wirklichkeit an den Pylorus mündenden Basalteile durch eine Valvula bis zum Magenende heraufgezogen werden.

3. Die Mündung der Malpighischen Gefäße an den Pylorialabschnitt ist die bei allen Familien allgemein vorkommende Mündungsstelle (Abb. 4d, h, o, q, s, t_2, v, y z. B.).

4. Öfters treten die Malpighischen Gefäße an die Grenze zwischen Pylorus und Dünndarm (Dünndarmbeginn) heran (z. B. bei Schwärmer, Abb. 4t).

Soviel die makroskopische Betrachtung erkennen läßt, erfolgt die innere Einmündung der Malpighischen Gefäße (ihre Kommunikation mit dem Darmlumen) nie vor dem Pylorialsphinkter, sondern in ihm (zwischen seine Ringwülste) oder hinter ihm (d. h. schon in dem Beginn des Dünndarms), ganz gleich, wo die äußere Mündungsstelle auch liegen mag.

Diese Anschauung wird unterstützt durch den Umstand, daß die Malpighischen Gefäße und der Dünndarm öfters, die Malpighischen Gefäße und der Pylorus dagegen nie einen gleichen Inhalt aufweisen, daß ferner die äußere Mündungsstelle individuell sehr verschieden liegen kann, sowie durch die Überlegung, daß bei einer inneren Mündung noch vor dem Sphinkter der Inhalt der Gefäße in den Magen gelangen würde; sie steht ferner im Einklang mit den mikroskopischen Feststellungen Deegeners sowie den Mitteilungen Jordans.

So steht, zusammengefaßt, einer sehr verschiedenen äußeren Mündungsstelle der Malpighischen Gefäße an den Darmkanal ein recht einheitlicher Mündungsort in das Darmlumen gegenüber.

Die sich (scheinbar) widersprechenden Einzelansichten der verschiedenen Autoren finden damit ihre Zusammenfassung zu einem einheitlichen Gesamtbild.

Der freie gemeinsame Basalteil von je drei Malpighischen Gefäßen ist bei den Faltern meist kurz und rohrförmig, und nicht oft als Blase ausgebildet. Eine solche tritt in runder und länglich ovaler, selten nierenförmiger Gestalt auf und sitzt dem Darm unter Zwischenschaltung eines oft nur durch Wegziehen erkennbaren kurzen engen „Stieles“ an (Abb. 6a—h; 4a, f, g, s, w_1, x). Das Basalrohr schwankt in seiner Länge ziemlich (von ca. ein Drittel bis dreimal Hinterdarmbreite)); bei größerer Länge zeigt es sich der Ansatzstelle manchmal etwas verdickt. Im ganzen ist es nicht oder nur sehr wenig stärker als ein einzelnes Gefäß (Abb. 6i, k; Abb. 4d, e, i, l, r, t, v, w z. B.).

Hinsichtlich der Verzweigungsart der Gefäße ist zu unterscheiden:

1. eine gleichzeitige Verzweigung der drei Gefäße am Ende des Basalstückes; diese Form tritt besonders bei der runden Blase (bei einigen Tagfaltern, Schwärmern, Bären und Zygänen Abb. 6a, b, h, 4a) und nur selten bei einem Basalrohr (bei einigen Tagfaltern — Abb. 4e — und Bären) auf.

2. eine nacheinander erfolgende Verzweigungsart, bei welcher aus dem Basalstück zwei Schläuche entspringen, von denen sich der eine nach einer meist kurzen und nur selten langen (Abb. 4i, r) Strecke gabelt. Dies ist die normale Art für Basalrohr und längliche Blase und damit für alle Familien (Abb. 4 u. 6). Es entstehen so Äste, Schenkel erster und zweiter Ordnung, wie Petersen und Samson sich ausdrücken.

Die Art der Ausbildung von Basalstück und Verzweigungsform ist manchmal individuell verschieden.

Der weitere Verlauf der Gefäße (Abb. 20) gestaltet sich so, daß sie zuerst ein Stück am Magen hinauflaufen (bis ungefähr zu dessen Mitte), hierauf wieder zurückkehren und dann den Dünndarm begleiten, um in einigen Fällen schon an dessen Ende (selten noch vorher), meist aber erst am Coecalteil blind zu endigen (frei oder in Fettkörper und Tracheen eingebettet).

Während sie am Mitteldarm im allgemeinen gerade oder nur leicht geschlängelt, selten stärker gewunden erscheinen, sind sie am Hinterdarm meist in mehr oder weniger zahlreiche und starke Windungen gelegt. Dem Darmkanal liegen sie meist eng und gleichmäßig ringsum verteilt an und machen dabei die Windungen des Dünndarms mit (Abb. 20 n, r, s z. B.); nur selten entfernen sie sich als lockerer, verworrener Knäuel von ihm (Abb. 20 k).

Daß viele und starke Windungen mit einer entsprechend großen Länge der Gefäße Hand in Hand gehen, liegt klar; in gleicher Weise zeigen kurze Gefäße nur wenige schwache Windungen und somit einen fast geraden Verlauf. Ein solcher war bei einigen Tagfaltern, Spannern, Bären, Zygänen und *Hepialus* zu finden, nie aber bei Schwärmern und nur selten bei Eulen, welche beiden Familien mit einem kleinen Teil der Spinner (Saturniden) meist reich entwickelte Gefäße besitzen (Abb. 20). Im Gegensatz zu ihrer sehr wechselnden relativen Länge treten die Malpighischen Gefäße hinsichtlich der Stärke ihres Durchmessers recht einheitlich auf.

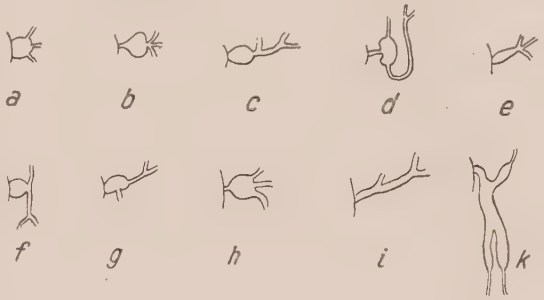


Abb. 6.
Formen des Basalstückes der Malpighischen Gefäße der Falter. *a* P. brassicae L., *b* D. pusaria L., *c* V. atalanta L., *d* L. damon Schiff., *e* A. lathonia L., *f* L. monacha L., *g* C. fulminea L., *h* M. athalia Rott., *i* P. machaon L., *k* B. mori L.

Die Gefäßschläuche sind meist geradseitig, auch wenn sie, was öfters und dann besonders an ihrem mittleren Teil vorkommt, klein und oft geschlängelt sind (neben den großen Windungen). Diese kurzen und engen Biegungen ihrer Wand können sich ganz oder teilweise überschneiden oder überholen, so daß ein mehr oder weniger gut ausgeprägtes perlschnurartiges Aussehen entstehen kann. Kurze, gering entwickelte Gefäße entbehren dieser Schlängelung fast stets.

Eine teilweise runzelige Oberfläche der Gefäßschläuche (z. B. *H. monoglypha* Hufn.) leitet über zu den Gefäßen mit Auswüchsen der Wand. Solche sind selten, stets auf den Teil am Hinderdarm beschränkt und zeigen sich in verschiedener Form und Stärke bei Spinnern und Schwärmern: 1. Einmal als warzige unregelmäßige ziemlich flach bleibende Austreibungen der Gefäßwand (z. B. *Actias ningpoana* Fldr.). 2. Weiterhin als anfänglich ebensolche, die aber allmählich in immer länger werdende, waagrecht nebeneinander vom Gefäßschlauch abstehende Zweige übergehen, von welchen sich bei der höchsten Entwicklung einzelne gabeln können. Dieses fiederige Aussehen behalten die Gefäße am Dünn-

darm bei, welcher von ihnen so ganz verdeckt und eingehüllt wird. Gegen den Schluß der Gefäße zu gehen die Äste wieder in Warzen über, welche sich dann auch wieder fast ganz verlieren. Die Fiederäste selbst besitzen ein Lumen, welches mit dem des Gefäßschlauches unmittelbar in Verbindung steht, sowie die gleiche Konsistenz wie dieser und sind bis zu fünf bis sechsmal so lang als der Schlauch breit ist; dieser selbst ist an dem betreffenden Teil dünner als an seinen astfreien Abschnitten. Die beschriebene auffallende Gefäßform fand ich bei *D. nerii* L. (Falter, Abb. 7); Schindler berichtete ähnliches von *Herse convolvuli* L., was aber, wie schon erwähnt, vollständig in Vergessenheit geraten zu sein scheint. Seine Bemerkung, daß Unregelmäßigkeiten der Oberfläche mit der Entfernung vom Basalstück zunehmen, trifft jedoch nicht zu und muß obigem entsprechend berichtigt werden (dies gilt auch für die Gefäße der Raupen).

Abb. 7.
Malpighisches Gefäß des Falters von D. nerii L. *a* Gesamtbild, *b* Vergrößerter Teilausschnitt.

Wir finden somit Unregelmäßigkeiten der Gefäßoberfläche nur bei Spinnern und Schwärmern, wobei Fiederäste nur bei letzteren anzutreffen sind.

Die Malpighischen Gefäße, deren glatte Wand fest und durchscheinend ist, zeigen sich in den verschiedenen Farbtönungen ihres Inhalts (klar gelblich, grünlich, oliv oder milchig trüb, weiß, gelb, rosa); dieser wechselt seine Farbe auch manchmal während des Verlaufes eines einzelnen Gefäßes (z. B. rosa—hellgrün—blaugrün).

II. Der Raupendarm.

Der Darmkanal der Raupen durchzieht den Körper in gerader Linie und füllt ihn zum größten Teil aus, ist also sehr voluminös (Abb. 8). Er wird durch starke Tracheenbündel in seiner Lage festgehalten und zeigt sich bei allen Rapenarten von ziemlich einheitlicher und verhältnismäßig einfacher Ausformung (Abb. 21). Seine Anhänge — Spinndrüsen, Mandibulardrüsen (Schlunddrüsen), Malpighische Gefäße — begleiten ihn fast stets in Windungen und erscheinen wie bei den Faltern in mannigfacher Gestalt (Abb. 21).

Der Vorderdarm.

Der Vorderdarm der Raupen ist in der Literatur genügend berücksichtigt. Er zerfällt grundsätzlich in die gleiche Teile wie der der Falter, wozu aber nach Deegener bei einigen Raupen noch ein Kau-

magen (Proventriculus) treten soll. Seine allgemeine Gestalt ist verschiedenartig flaschenförmig (Abb. 8 u. 9).

Die länglich-rundliche Mundhöhle, welche sich an die Mundwerkzeuge anschließt, setzt sich in den engeren Schlund fort. Beide Teile liegen im Kopf und können nach Deegener durch eine deutliche Einschnürung (Ringfalte) voneinander getrennt sein (Abb. 8).

Der nachfolgende Oesophagus stellt ein kurzes enges, nach hinten sich manchmal etwas erweiterndes Rohr dar; er besitzt eine ziemlich feste feingefaltete Wand und reicht gewöhnlich nicht weit über den Kopf hinaus; seine Länge schwankt nur verhältnismäßig wenig (Abb. 9).

Den Hauptteil des Vorderarmes nimmt der weite Kropf ein, der (nach Deegener und Escherich) als eine allseitige ausgedehnte Erweiterung des Oesophagus aufzufassen ist (Abb. 9). Der Übergang zwischen

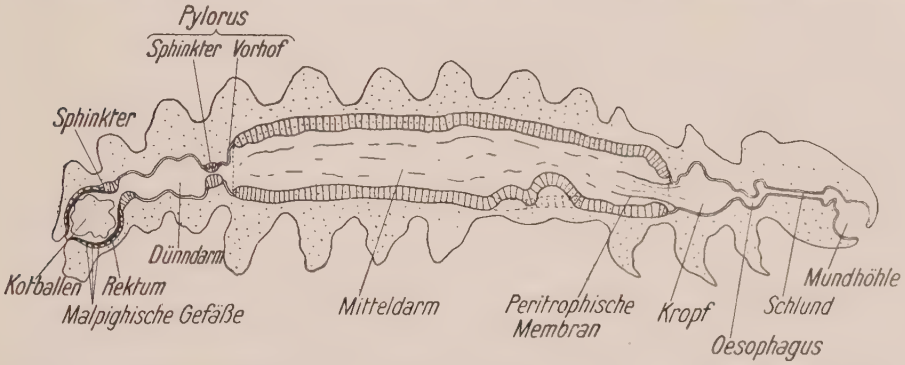


Abb. 8. Sagittaler Längsschnitt durch eine Einhäuter-Raupe von A. caja L., 2. Stadium (Schematisiert).

diesem und dem Kropf kann allmählich verlaufend (Abb. 9f, h, m, o) oder auch unter Bildung eines Absatzes oder einer kleinen Einschnürung (Abb. 9b—e, i, p) vor sich gehen. Die dünne häutige Wand des Kropfes ist vielfach fein längs-, selten regelmäßig stärker quergefaltet (Abb. 9d, i) und trägt innen stellenweise oft sehr kleine bis ziemlich große Chitinzähnchen und -Plättchen, die äußerlich manchmal als weißliche bis leicht bräunliche kleine Punkte oder kurze Querstreifen in Erscheinung treten (Abb. 9k).

Die starke Ausdehnungsfähigkeit des Kropfes beeinflußt wesentlich seine Form (Abb. 9h, p). Er kann so zwar von gleichmäßigem Durchmesser sein (Abb. 9d, g, i), vergrößert seinen Umfang jedoch meist gegen den Mitteldarm zu mehr oder weniger stark (Abb. 9c, e, m—o). In der Mehrzahl der Fälle ist der distale Teil erweiterungsfähiger, seltener der proxymale Abschnitt (Abb. 9p); im letzteren Fall kann sich dieser unabhängig vom nachfolgenden kugelförmig ausdehnen, was auf eine verschiedenartige Wandfaltung beider Teile zurückzuführen ist.

Im allgemeinen erreicht der Kropf das Kaliber des Mitteldarms. Seine Länge kann erheblichen Schwankungen unterworfen sein; er kann

sowohl erheblich kürzer wie auch länger als der Thorax sein, doch treten extreme Schwankungen nicht oft auf. Besonders lang ist er öfters bei Eulen, Holzbohrern und einigen Spinnern zu finden, kürzer bei einigen Tagfaltern, Schwärmern, Spannern, Eulen und mehreren Spinnern (Abb. 21). Von der Gesamtlänge des Vorderdarms nimmt er ungefähr zwei Drittel bis drei Viertel und vom Gesamtdarm bei mittlerer Längenausdehnung ca. ein Fünftel ein.

Von einem Proventriculus, welchen Deegener, wie schon erwähnt, einigen Raupen zuschreibt (z. B. *Gall. mellonella*, was auch zuzutreffen scheint — Abb. 13 w „Pr."), konnte ich bei den Großschmetterlingen äußerlich nichts bemerken (vielleicht mit Ausnahme von *Actias ningpoana* Fldr. (Abb. 9 l „Pr."). Meistens war deutlich zu sehen, wie die oft feine

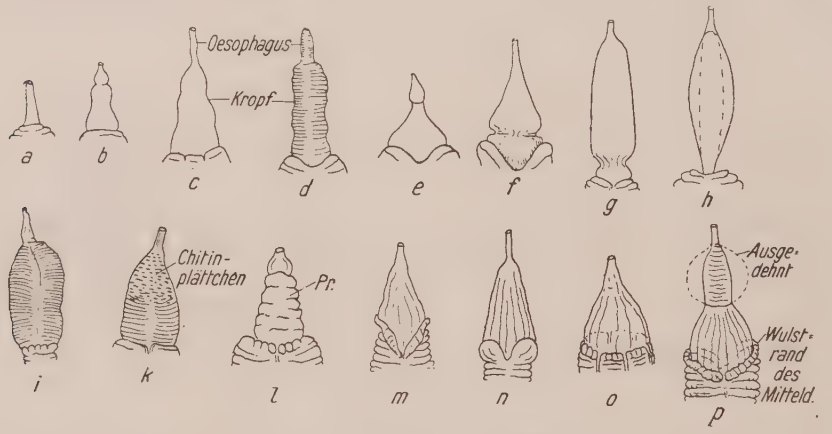


Abb. 9. Formen des Raupenvorderdarmes.
a V. io L., *b* V. urticae L., *c* H. pinastri L. 4. Stadium, *d* C. fraxini L., *e* J. celsia L., *f* H. monoglypha L., *g* P. flammea Schiff. 4. Stadium, *h* C. cossus L., *i* B. strataria Hufn., *k* D. vinula L., *l* A. ningpoana Fldr., *m* A. linogrisea Schiff., *n* A. pronuba L., *o* H. pinastri L. (letztes Stadium), *p* M. leucophaea View.

und durchsichtige Haut des Kropfes ohne jede Veränderung unmittelbar in den Mitteldarm übergeht (Abb. 9 o, p z. B.). Nur manchmal zeigte sich vor dessen Vorderrand eine schmale, rings herum verlaufende Verstärkung des Vorderdarmhinterrandes, teilweise in Verbindung mit einer leichten ringförmigen Einschnürung davor (Abb. 9 f, g). Die erwähnte Verstärkung ist sicher als der nach Deegener bei einer Anzahl von Raupen auftretende Vorderdarmschlußsphinkter (siehe auch unten) anzusprechen; die erwähnte Einschnürung kann, wenn sie überhaupt eine Bedeutung hat, vielleicht als Ansatz einer Valvula erklärt werden.

Zum Übergang vom Vorderdarm zum Mitteldarm ist zu bemerken, daß bei den Raupen (im Unterschied zu den Faltern) nicht selten eine richtige Valvula (Einstülpung) auftritt. Deegener und Jordan beschreiben dies genauer: „Wo kein Kaumagen vorhanden ist, hängt der Vorderdarm oft einfach unter Bildung einer Ringfalte und ohne stärkere Muskulatur in den Mitteldarm hinein" (siehe oben); „es können aber auch

Längsfalten und stärkere Muskulatur auftreten". Wie schon bemerkt, beobachtete ich meist die erste, einfache Art. Diese bewegliche Valvula tritt, wie Jordan angibt, nur bei leerem Darm in Erscheinung. Neben ihr kann — entsprechend dem Ventilschlauch der Falter — ein unveränderliches Hineinragen des Vorderdarmrandes in Gestalt eines (weiten) Rohrstummels auftreten, wovon Berlese nach Bordas eine mikroskopische Abbildung bringt.

Bei stärkerer Füllung des Darmes sind Vorderdarmende und Mitteldarmanfang von ungefähr gleichem Durchmesser, während bei Ausbildung einer Valvula ersteres naturgemäß ein entsprechend geringeres Kaliber aufweist. Der Vorderrand des Mitteldarmes kann mit einem verdickten Ringwulst (Abb. 9m, o, p) versehen sein, welcher aber bei eingeschobenem Vorderdarmende dem Blick mehr oder weniger entzogen ist.

Die Spinndrüsen (Labialdrüsen, Seidendrüsen).

Die Spinndrüsen sind der Teil des Lepidopterendarmes, über den wir die ausführlichste und beste Literatur besitzen. Hier sind Helm, Lidth de Jeude, Bordas, Blanc, Gilson und Verson zu nennen. Meist werden die Spinndrüsen als mit den Speicheldrüsen der Falter homolog angesehen (Escherich, Imms, Kolbe); ihr unpaarer Ausführgang (Seidengang), welcher als Spinnapparat ausgebildet ist, mündet in die ventrale Fläche der Unterlippe. An den Drüsenschläuchen selbst wird meist ein dünner, gewundener hinterer Teil mit blindem Ende, ein mittlerer dicker Teil (Reservoir) und ein schmälerer vorderer Abschnitt (Ausführteil) unterschieden; Helm teilt dazu mit, daß die erstgenannten beiden Teile oft allmählich ineinander übergehen, so daß nur eine äußere Zweiteiligkeit der Drüsen entsteht. Kurz vor der Vereinigung der beiden Drüsenschläuche sitzen die verschieden geformten kleinen Anhangsdrüsen (Lyonettsche, Filippische Drüsen). Der Spinndrüsenausführgang verläuft mehr unter als neben dem Darm, während der übrige Teil diesem je nach seiner Größe und Windungsart seitlich bis dorsal beiliegt. Die längsten Drüsen werden den Bombyciden und Saturniden zugeschrieben. Allgemein ist bekannt, daß die Schläuche aus sehr großen, sechseckigen und bereits makroskopisch erkennbaren Zellen mit verästelten Kernen bestehen (wenigstens der mittlere Teil) und ein helles bis weißliches, manchmal gelbliches bis bräunliches Aussehen haben. Helm gibt auch über Längenverhältnisse der Spinndrüsen zahlenmäßige Zusammenstellungen.

Diese Literaturangaben, von welchen die besten wohl die von Helm sind, und zu welchen auch noch verschiedentliche histologische Ausführungen anderer Autoren (z. B. Korschelt) kommen, wäre noch folgendes hinzuzufügen:

Form und Windungsart, welche das Bild der Drüsen bestimmen, sind sehr verschieden (Abb. 10): Während der Ausführteil stets dünn bleibt, wechselt der übrige von sehr dünn bis zu sehr dick. Bei der häufigeren zweiteiligen Drüsenform wird dieser Hauptteil in seinem hinteren Abschnitt meist allmählich dünner (es verschmelzen mittlerer und hinterer Drüsenteil [Abb. 10c—g, k, m]); weniger oft bleibt er überall gleich stark (z. B. bei Schwärmern), und selten wird er gegen sein Ende zu dicker (bei einigen Spinnern). Bei der dreiteiligen Drüsenform ist der mittlere Abschnitt stets der stärkste und von ziemlich gleichbleibendem Umfang;

der letzte bleibt stets gleichmäßig fadendünn (Abb. 10 a, b, d, n, q) und ist an seinem Ende in seltenen Fällen gegabelt (Abb. 10 l).

Die Windungsweise (des Hauptteiles) zeigt folgende Grundarten: 1. Die am häufigsten vorkommende Form ist eine doppelte, große, gleichmäßige Windung in der Längsrichtung (Abb. 10 a—f). 2. Bei der nächsten Stufe schließen sich an die zweite Längsbiegung (selten an eine dritte oder vierte [Abb. 10 e, o]) mehrere bis viele recht regelmäßige kleinere Querwindungen (des meist dünneren Schlußteiles) an: Die Drüse ist „mehrmals gewunden" (Abb. 10 h, p, s). 3. Der ganze Hauptteil ist in gleichmäßige enge querverlaufende Schlangenlinien gelegt: Die Drüse erscheint „vielfach gewunden" (Abb. 10 r, q). 4. In wenigen Fällen kommt eine ganz unregelmäßige Windungsart, die auch mit Schlingenbildung verbunden sein kann, vor (Abb. 10 t).

Zu diesen Windungshauptarten kann noch eine sekundäre kleine Schlänglung treten, welche sich besonders auf den letzten Abschnitt doppelt gewundener zweiteiliger Drüsen erstreckt und bei Spinnern und Eulen öfters anzutreffen ist (Abb. 10 f). Weiterhin kommen verschiedene Variationen und Übergänge zwischen den angeführten Windungsarten vor (Abb. 10 i, k, l, s,).

Der feine Endfaden dreiteiliger Drüsen ist fast stets und vielfach (Abb. 10 b, u), der Ausführteil dagegen meist wenig und dann unregelmäßig (Abb. 10 q, r) gewunden. Bei einigen wenigen Raupen (einige Tagfalter) weisen die Drüsen überhaupt keine Windung auf (Abb. 10 n). Somit ergibt sich im ganzen ein äußerst vielgestaltiges Bild der Windungsformen (Abb. 10, 21).

Sehr wechselnd ist auch die Länge der Drüsen. Während der Ausführteil meist relativ kurz bleibt, kann der Hauptteil sehr verschieden lang werden. Ebenso schwankt der Endfaden von sehr kurz bis zu sehr lang. Kurze Drüsen fand ich besonders bei Tagfaltern (meist unter Körperlänge), aber auch bei einigen Spinnern, Eulen und Spannern, sowie Bären und Holzbohrern. Ganz besonders lange Drüsen finden sich bei einer Anzahl von Spinnern und auch Schwärmern; sie sind bei diesen durchschnittlich zwei- bis dreimal, bei einigen Spinnern aber bis zu siebenmal so lang als der Körper, was einer absoluten Länge von ungefähr 30 cm entspricht (z. B. *D. vinula* L. 6—7 mal, *A. ningpoana* Fldr. 5 mal = 38 cm, *B. mori* L. 4 mal, *S. pavonia* L. $3^1/_2$ mal —, Abb. 10 u. 21). Die Eulen besitzen im Durchschnitt Drüsen von $1^1/_2$ facher Körperlänge (Abb. 21). Länge und Windungen bedingen sich gegenseitig stets, dagegen hängen Länge und Stärke (Ausgleich geringer Stärke durch besondere Länge und umgekehrt) nicht immer zusammen. So haben sehr viele Schwärmer, auch einige Eulen und Spinner lange und dünne Drüsen, während bei einigen anderen Spinnern (Abb. 10 q) die ganz langen Drüsenformen auch sehr stark sind. Das Längenverhältnis der drei Teile zueinander ist verschieden. Bei den dreiteiligen Drüsen nimmt im allgemeinen der mittlere

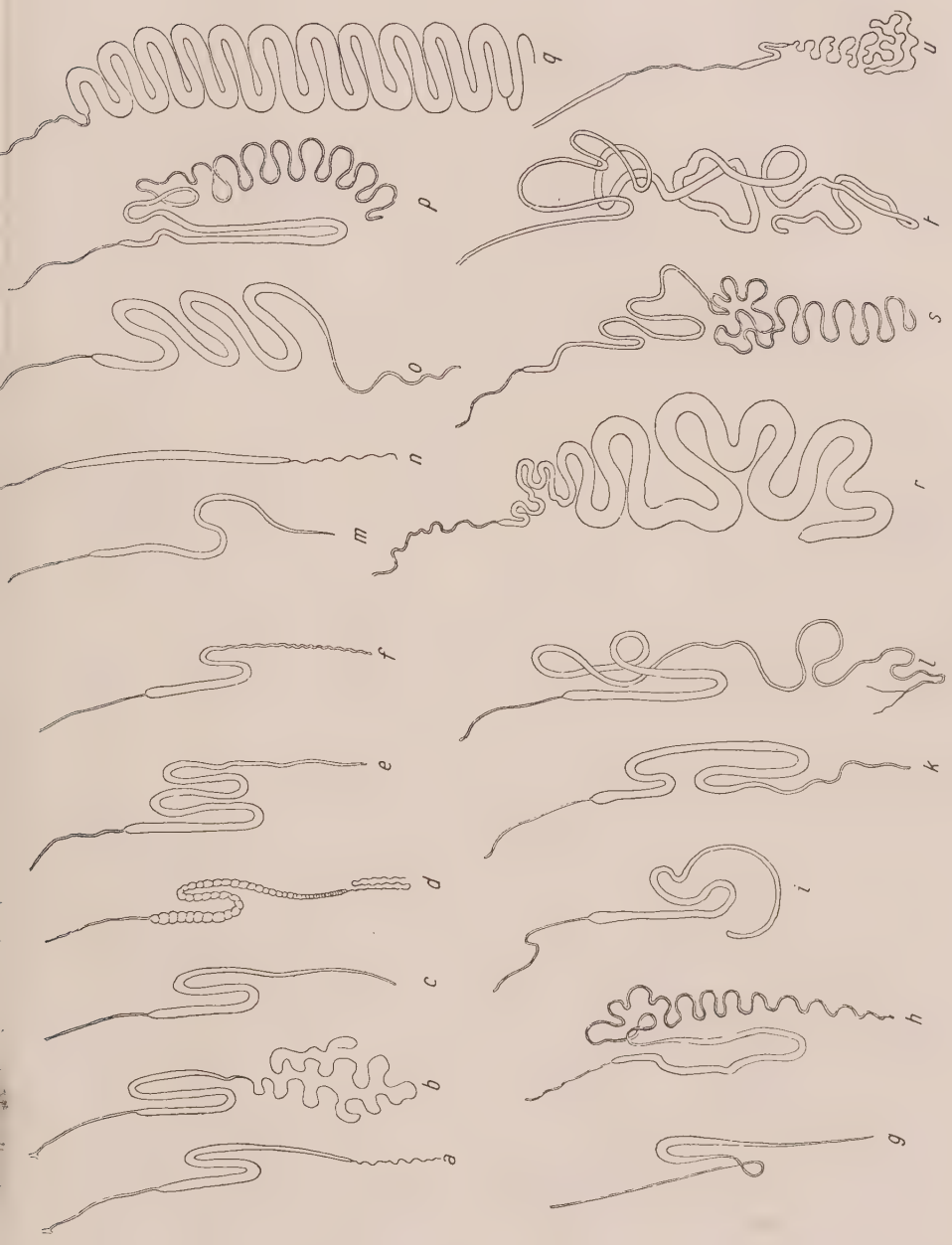


Abb. 10. Spinndrüsenformen der Raupen.
a St. salicis L., *b* B. mori L., *c* A. orbona Hufn., *d* A. pronuba L., *e* Gr. trigrammica Hufn., *f* H. monoglypha Hufn., *g* Oe. quadra L., *h* B. strataria Hufn., *i* Ph. fuliginosa L., *k* T. apiforme Cl., *l* C. cossus L., *m* P. rapae L., *n* V. io L., *o* Ch. elpenor L., *p* C. bifida Hb., *q* D. vinula L., *r* S. pavonia L., *s* M. porcellus L., *t* A. ningpoana Fldr., *u* H. pinastri L. 4. Stadium.

Abschnitt, seltener der dünne Endfaden den größten Teil der Drüse ein; bei zweiteiligen Formen hat der Hauptteil stets das Übergewicht.

Hinsichtlich des Vorkommens der Drüsentypen (nach Form und Windungsart) läßt sich folgende Aufstellung geben (Abb. 10 u. 21):

a) Zweiteilige Drüsen:

1. Doppelt gewunden: Nicht lang, Hauptteil gegen das Ende zu dünner werdend: Als Normaltyp bei allen Familien mit Ausnahme der Schwärmer (Abb. 10 c).

2. Mehrmals gewunden: Längere bis lange Drüsen, Hauptteil nach hinten zu meist dünner werdend: Bei vielen Schwärmern, bei einigen Spinnern, Eulen, selten bei Spannern, Holzbohrern und Bären; (anscheinend) nicht bei Tagfaltern (Abb. 10 p z. B.).

3. Vielfach gewunden: Lang bis sehr lang, Hauptteil nicht dünner werdend: Bei einigen Spinnern (meist dick, Abb. 10 q, r), aber auch wenigen Schwärmern (meist dünn, Abb. 10 s); nach Bordas auch bei einigen Tagfaltern.

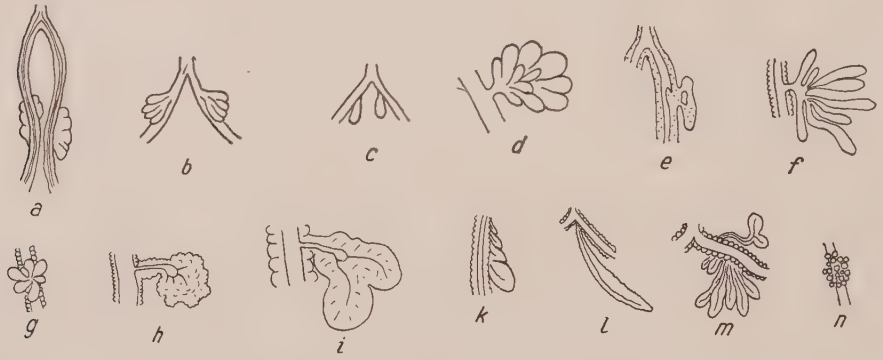


Abb. 11. Formen der Anhangsdrüsen der Spinndrüse bei den Raupen (Fig. *f*–*l* nach Helm, *d* und *n* nach Bordas, *e* nach Gilson).
a C. cossus L., *b* S. pavonia L., *c* D. nerii L., *d* S. pyri Schiff., *e* C. cossus L., *f* M. persicariae L., *g* D. pudibunda L., *h* M. rubi L., *i* V. io L., *k* Grapholita funebra, *l* P. brassicae L., *m* Ph. bucephala L., *n* A. caja L.

b) Dreiteilige Drüsen:

1. Gerade und kurz: Bei einigen Tagfaltern (Abb. 10 n).

2. Einmal gebogen, kurz: Selten, bei *Lithosia* (Abb. 10 g).

3. Doppelt gewunden: Tagfalter, mehrere Spinner, Eulen, Spanner, Bären (Abb. 10 b); nicht bei Schwärmern.

4. Vielfach gewunden: Selten, bei Spinnern (Abb. 10 q).

Die Oberfläche der Spinndrüsen ist glatt und prall; ringförmige Einkerbungen, welche den Zellgrenzen entsprechen, zeigen sich besonders am Ausführgang, selten auch am Hauptteil. In diesem Fall nehmen die Drüsen ein eischnurartiges Aussehen an (bei einigen Eulen [Abb. 10 d]).

Die kleinen, an der Vereinigung der beiden Drüsenschläuche sitzenden paarigen Anhangsdrüsen, welche stark mit Fettkörper und Tracheen verwoben sind, habe ich nicht näher untersucht. Auf der Grundlage der Mitteilungen von Helm, Bordas und Gilson, sowie unter Beiziehung weniger eigener Befunde läßt sich folgende Aufstellung geben, welche aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann, da das Untersuchungs-

material der genannten Autoren zahlenmäßig gering war. Die Form der Anhangsdrüsen kann demnach sein (Abb. 11): Warzenähnlich (Abb. 11 a, e, n) z. B. bei Holzbohrern, Schwärmern, Spinnern; traubenähnlich, mit und ohne „Stiel" (Abb. 11 b, d, f, h), z. B. Spinner, Eulen; lappenförmig (Abb. 11 i, k, m), z. B. Tagfalter; schlauchförmig, zylindrisch, z. B. Tagfalter, Schwärmer (Abb. 11 c, l).

Abb. 12. Formen der Mandibulardrüsen (und Schlunddrüsen, Fig. *i*) der Raupen (Fig. *o*—*q* nach Bordas). a_1 S. pavonia L., a_2 dasselbe, vergrößertes Teilstück, *b* P. flammea Schiff., *c* V. io L. 4. Stadium, *d* A. ningpoana Fldr., *e* D. pini L., *f* M. brassicae L., *g* D. nerii L., *h* T. apiforme Cl., *i* Z. pyrina L., *k* M. rubi L., *l* Boarmia spec., *m* C. cossus L., *n* G. mellonella L. (Endstück), *o* A. atropos L., *p* St. fagi L., *q* P. alexanor Esp.

Die Mandibulardrüsen.

Durch die Arbeiten von Bordas, Henseval und Blanc verfügen wir über eine ziemlich genaue Kenntnis der Mandibulardrüsen. Diese kommen — nach übereinstimmender Angabe der Autoren — bei fast allen Lepidopterenraupen vor und sind meist als zwei jederseits des Oesophagus verlaufende tubulöse Schläuche ausgebildet, von denen jeder einzeln durch den großen Ziehmuskel (Adduktor) der Mandibeln an deren Innenbasis ausmündet (Abb. 12 f); es wird aber auch eine Mündung am Innenwinkel des ersten Kieferpaares erwähnt (Deegener). Berlese unterscheidet einen sezernierenden und einen ausführenden Teil. Besonders hervorgehoben werden die sehr großen auf-

fallenden dreiteiligen Drüsen von *Cossus cossus* L. (beschrieben von Henseval), ferner auch die kleinen sackförmigen, außen an den Mandibeln sitzenden Drüsen von *Papilio alexanor* und *Stauropus fagi*, welche Bordas schildert (Abb. 12 p, q).

Meine Beobachtungen zeigten, daß die „einfach schlauchförmigen" Drüsen, wie sie die Literatur kennt, mehrere Formen in sich bergen. So ergibt sich nachstehendes Gesamtbild der Mandibulardrüsen (Abb. 12):

a) Die Drüsen sind schlauchförmig, und zwar: 1. gleichmäßig stark, ziemlich gerade oder gewunden verlaufend und verschieden lang: Überall mit Ausnahme der Holzbohrer (Abb. 12 b, c, d, k), oder 2. nicht gleichmäßig stark und wenig gewunden, und zwar entweder mit schwach keulenartig verstärktem (bei Spannern, Abb. 12 l), oder mit verdünntem stärker gewundenem (bei Schwärmern, Abb. 12 g), oder endlich mit stark verjüngtem, spitz zulaufendem und kaum gewundenem Endteil (bei Spinnern, Abb. 12 e).

b) Die Drüsen sind flach und breit, also bandartig; dabei weisen sie zum Teil große Länge und viele Windungen auf, zum Teil sind sie aber auch kürzer und kaum gewunden: Bei den Holzbohrern außer *Cossus* (Abb. 12 h, i).

c) Die Drüse ist außerordentlich groß, zerfällt in einen kurzen dünnen (ca. 1 cm langen) Ausführgang und einen großen und weiten wurstförmigen Behälter (ca. 2 cm lang), an welchen sich ein sehr langer (20—25 cm), sehr oft und stark gewundener sowie gegen sein Ende ein- bis zweimal gegabelter feiner Endfaden anschließt, welcher, stark mit Fettkörper und Tracheen verflochten, auch die beiden anderen Teile umgibt: Bei *Cossus cossus* L. (Abb. 12 m).

d) Die Drüsen sind klein, liegen außen an den Mandibeln und weisen eine sackförmige Gestalt mit einer kleinen Einbuchtung am Ende auf: Nicht häufig, bei Tagfaltern und Spinnern (nach Bordas, Abb. 12 p, q).

Außer bei den Holzbohrern sind die Mandibulardrüsen im allgemeinen kurz. Sie begleiten nur in wenigen Fällen den ganzen Vorderdarm; hingegen reichen sie meist nicht weit über die Kopfkapsel hinaus (Abb. 12 f), bewegen sich also in der Hauptsache um den Oesophagus und den Pharynx. Sie verlaufen dann meist in einem analwärts gerichteten Bogen von der Seite zur Mitte. Ein ähnlich umkehrender Verlauf kommt auch einem Teil der längeren Drüsen zu (Abb. 12 h; s. auch Abb. 21!). Abgesehen von den Drüsen der Holzbohrer sind alle übrigen Drüsen ausgestreckt höchstens so lang als der halbe Körper. Dabei finden sich besonders kurze, kleine Drüsen bei einigen Tagfaltern, Spinnern und Eulen; solche von bedeutenderer Länge bei einigen Schwärmern, Spinnern, Eulen und (nach Bordas) Bären. Die bandförmigen Drüsen verschiedener Holzbohrer können etwas länger als der Körper werden, und die von *Cossus* bis dreimal so lang. Einige Schwärmer, Eulen und Spinner besitzen auffallend dünne Drüsen. Bei einigen Spinnern und wenigen Eulen konnte ich keine (inneren) Mandibulardrüsen vorfinden; es ist aber möglich, daß in diesen Fällen solche wohl vorhanden waren, aber unscheinbar klein oder außen liegend.

Mit Ausnahme der weißlich erscheinenden Drüsen der Holzbohrer sind alle Drüsen glasklar und fest. Sie besitzen eine dem Ausführgang der Spinndrüsen sehr ähnliche Struktur (große Zellen, deren Wände als Einkerbungen

Schlunddrüsen.

Bei *Zeuzera pyrina* L. und *Trochilium apiforme* Cl. fand ich neben den gewöhnlichen tentakulären Mandibulardrüsen noch je zwei kurze schlauchförmige schwach gewundene und glashelle Drüsen, welche in den Pharynx einmündeten (Abb. 12 i). Bei *Z. pyrina* L. erreichten sie, entgegen der halben Vorderdarmlänge. Bei *Cossus* konnte ich analoges nicht beobachten. In der Literatur war nirgends eine Erwähnung derartiger Drüsen, welche als Schlunddrüsen zu bezeichnen wären, zu entdecken.

Der Mitteldarm.

Der Mitteldarm der Raupen ist in der Literatur hinreichend dargestellt. Fast überall wird er zutreffend als gerader weiter Schlauch von großer Länge und Weite mit Quer- und teilweise auch Längsfalten beschrieben (z. B. von Imms). Nüßlin fügt dem hinzu, daß der vordere Teil „magenförmig" verdickt sein kann. Nach Imms entsprechen die Querfalten Ringmuskeln; es können ferner sechs Bänder von Längsmuskeln als Längsfalten erscheinen. Frenzel erwähnt, daß die innere und äußere Oberfläche des Mitteldarms [illegible] „zottenförmige Zotten" noch nicht auftreten. Dies entspricht nicht meinen Befunden, welche teilweise von Imms bestätigt werden, der manchmal vorkommende kleine „Divertikel" am vorderen Magenrand erwähnt. Bordas erwähnt sie als „konische Tuberkeln" und [illegible] vier Längsfalte eingeteilt ist.

Die Form des Raupenmitteldarms (Abb. 12) ist zunächst einfach; er fand im ganzen gleichmäßig zylindrisch und den größten Teil des ganzen Darmes einnehmend. Der Anfangsteil wurde manchmal [illegible] schwach [illegible] Eine etwas mehr hervortretende Verdickung des Anfangsteiles, welcher durch eine deutliche leichte Einschnürung [illegible] fand ich nur bei einigen Exemplaren [illegible] Bei [illegible] Es ent-

steht aber hier der Eindruck, daß man es mit einem besonderen (selbständigen) Anfangsabschnitt zu tun habe. Durch einige regelmäßig sich gegenüber liegende (Abb. 13f, i) oder aber auch regellos angeordnete (Abb. 13e) seitliche Einbuchtungen kann das Aussehen des Mitteldarms noch variiert werden.

Eine Faltung der Wandung ist meist gut ausgeprägt. Während Längsfalten nicht häufig und nur unregelmäßig (bei wenig gefülltem Darm) — an den Seitenwänden etwas öfter — zu sehen sind, bilden enge regelmäßige Querfalten die Regel (wie auch beim Faltermagen); nur selten fehlen sie ganz (bei Tagfaltern, Spinnern, Spannern, Bären, Holzbohrern). Die Querfalten können sowohl nur ganz fein (dabei in der Magenmitte oft aussetzend) (Abb. 13o, p, r), als auch sehr stark (wulstartig) ausgeprägt (bei Schwärmern, Spinnern, Eulen, selten bei Spannern und Bären — Abb. 13c, m, q, t_2) sein. Am häufigsten und überall findet sich aber eine mittelstark ausgebildete Faltung. Stärkere Falten sind in der Regel selbst noch fein längsgefaltet. Die Querfaltung zieht sich meist über den ganzen Mitteldarm hin und ist öfters an dessen Anfang, seltener an seinem Endteil (Abb. 13s) kräftiger entwickelt; oft nimmt sie auch von vorne nach hinten an Stärke ab, während der umgekehrte Fall seltener ist. An den Seiten des Mitteldarms ist sie oft stärker ausgeprägt als an der Ober- und Unterseite, welche beide auch mit verschiedenartigen Falten ausgestattet sein können. Auch die innere Oberfläche der Magenwand ist meist stark und zum Teil doppelt gefaltet; dazu zeigen sich hier auch noch stärkere Längsfalten und -Rinnen.

Auch Längslinien bemerkt man oft auf der Außenseite des Magens. Diese können als (je nach der Stärke der Querfaltung, verschieden tiefe) schmale Längsrinnen (Abb. 13b, c, d, f, k, x) und als schmale erhabene Längsleisten (Längskiele — Abb. 13x) auftreten. Erstere schneiden oft so tief in die Wand ein, daß der Mitteldarm in Längsabschnitte abgeteilt erscheint (Abb. 13b, d, f — siehe oben Bordas), deren Seitenränder noch leistenartig gegen die Rinne verstärkt sein können (Abb. 13d). Die Längsrinnen kommen entweder auf der Mitte der Ober- und Unterseite (also in der Zweizahl), oder dazu noch an den beiden Seitenwänden (also vier), oder endlich in der Sechszahl gleichmäßig um den ganzen Magenumfang verteilt (Abb. 13b, c) vor. Diese letztere Art ist typisch für die Schwärmerraupen und auch fast ausschließlich auf diese beschränkt. Von Längsleisten sind nur eine (oben) oder zwei (oben und unten, Abb. 13x) zu beobachten; sie verlaufen meist in einer Längsrinne. Die Längslinien ziehen sich über die ganze Magenlänge hin, Querfalten und Wülste brechen sich an ihnen. Neben ihnen treten teilweise noch breitere flache Längsmulden auf, welche aber lediglich eine mit dem Grad der Darmfüllung zusammenhängende Zustandserscheinung darstellen.

Wie bei den Faltern ist es auch bei den Raupen schwer, nach dem äußeren Aussehen eine Grenze zwischen starken Faltenwülsten und wulst-

förmigen Drüsen zu ziehen[1]). Solche drüsige Gebilde von gleicher Konsistenz wie die Magenwand treten auch beim Raupenmitteldarm in verschiedener Form auf (Abb. 13):

1. am vorderen Magenrand als eine ganz oder nur stückweise herumlaufende Reihe konischer kugeliger bis ovaler Knollen, welche sowohl einzeln ausgebildet als auch teilweise oder ganz miteinander verschmolzen oder in Verbindung mit einem Ringwulst (z. B. bei Eulen) auftreten, sowie nach hinten zu ohne Absatz in die Darmwand übergehen können (bei Spinnern und Schwärmern, bei Eulen und selten bei Spannern — Abb. 13c, i, t).

2. Als starke, erhabene längliche Querwülste, entweder

α) nur am Anfangsteil des Magens (wenig bei Eulen, Spannern, Holzbohrern, Abb. 13l, v), oder

β) an den ersten ein bis zwei Dritteln des Magens und von da an in mittelstarke Querfaltung übergehend (bei einigen Schwärmern, Abb. 13c), oder ferner

γ) auf das Ende des Magens beschränkt (bei einigen Eulen und Spinnern Abb. 13g, m), oder weiter

δ) am Anfang und Ende des Mitteldarms (selten). — In der Mitte des Mitteldarms scheinen sie nicht aufzutreten.

3. Ähnlich wie bei den Faltern von *V. io* L. und *P. atalanta* L. beschrieben (s. S. 216), aber schwächer ausgebildet: Mäßige Flügeldrüsen am Magenbeginn, auf welche ein Stück weit einzelne hohe, ziemlich schmale Warzen folgen, die weiter nach hinten in Querfalten übergehen, welche dann das letzte Stück des Mitteldarms allein beherrschen (einmal bei einer *Dasychira*-Art, Abb. 13h; ähnlich auch 13w).

Die Ausbildungsstärke der Drüsengebilde kann an der Unterseite oder an den Seitenwänden des Mitteldarmes anders sein als an der Oberseite; die Divertikel können auch auf die Ober- oder Unterseite allein beschränkt sein und durch eine Anordnung in Reihen sekundär Längsrinnen hervorrufen. Sie können sich auch an der inneren Wandoberfläche zeigen (z. B. bei Schwärmern). — Manchmal sichtbare kleine Punkte gehören wohl auch hierher (Abb. 13l, p).

Der vordere Rand des Mitteldarms ist nach obigem zum Teil mit kleinen Drüsenknollen besetzt, zum Teil zeigt er auch den bei der Valvula cardica bereits erwähnten dicken Ringwulst; in sehr vielen Fällen ist er aber auch ganz glatt und besitzt oft an der Ober- und Unterseite je eine verschieden starke und verschieden scharfe distalwärts gerichtete Einbuchtung (Abb. 9e, n); selten treten auch mehrere solche Einschnitte auf (Abb. 13o), was ein ausgebogtes Aussehen zur Folge hat.

Gegen den Hinterdarm schließt der Mitteldarm äußerlich meist glatt ab; doch kann er auch hier ähnliche Einbuchtungen wie an seinem Beginn aufweisen. Einschneidende Längsfurchen durchbrechen Vorder- und Hinterrand und zeigen sich oft in Verbindung mit den Einbuchtungen (Abb. 13b, d).

---

[1]) Siehe oben die Angabe Frenzels.

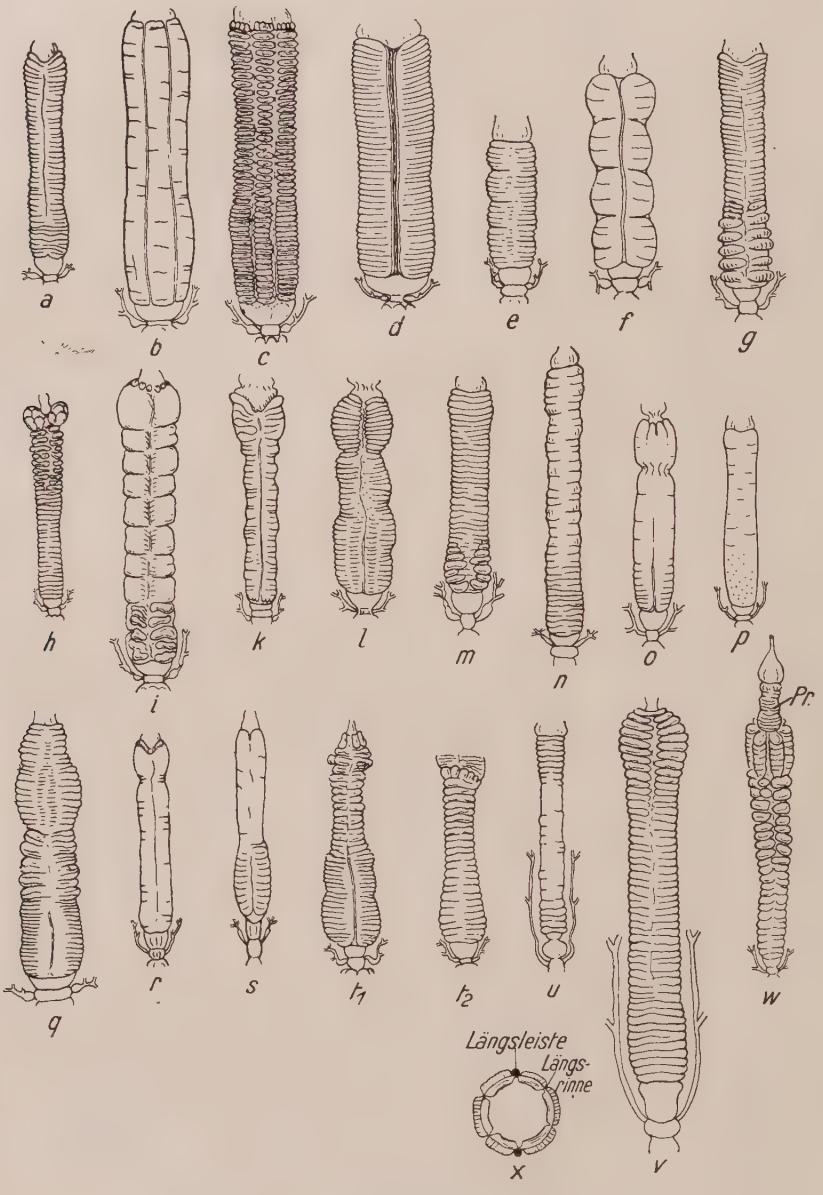


Abb. 13. Formen des Mitteldarmes der Raupen.

a P. rapae L., *b* D. nerii L., *c* H. pinastri L., *d* D. vinula L., *e* D. pini L., *f* St. salicis L., *g* B. mori L., *h* Dasychira spec., *i* S. pavonia L., *k* H. monoglypha Hufn., *l* P. flammea Schiff., *m* A. auricoma F., *n* Sc. libatrix L., *o* B. consortaria F., *p* Geometra spec., *q* A. caja L., *r* Ph. fuliginosa L., *s* Oe. quadra L., t_1 und t_2 B. strataria Hufn., *u* Z. pyrina L., *v* C. cossus L., *w* G. mellonella L., *x* Querschnitt durch den Mitteldarm einer Schwärmerraupe. *Pr.* Proventriculus. (Figur *w* ist stärker vergrößert.)

Die Länge des Mitteldarms, welche normalerweise der guten Hälfte des ganzen Darmes entspricht, schwankt nicht sehr stark; besonders groß oder aber auch gering ist sie nur bei einigen Eulen und Spinnern

(Abb. 21). Häufiger findet man einen sehr breiten, starken Mitteldarm (vor allem bei Schwärmern und Spinnern, Abb. 13 c, d), während ein dünner selten ist (Eulen, Spanner, Holzbohrer). Naturgemäß spielt hierbei auch der Füllungsgrad eine gewisse Rolle.

Die Färbung des Raupenmitteldarms kann grüngelb, grün, gelb daneben aber auch rot, braun oder weiß sein.

Der Hinterdarm.

Wie über den Hinterdarm der Falter so herrscht auch über den der Raupen in der Literatur Unstimmigkeit. Während der Pylorus und das Rektum allgemein als Anfangs- bezw. Endabschnitt erwähnt werden, sehen mehrere Autoren (Imms, Berlese u. a.) den dazwischen liegenden Teil als aus Dünndarm und Dickdarm (Ileum und Colon) bestehend an, während andere wenige (Deegener, Escherich) das Vorhandensein eines Colons verneinen. Auch hier gründet Deegener sein Urteil auf genaue histologische Untersuchungen. Aus diesem Grunde sowie aus dem durch meine Beobachtungen festgestellten Umstand heraus, daß der vor dem Rektum oft auftretende kugelige Abschnitt, welcher zur Annahme eines Colons Anlaß gegeben hat, abwechselnd vorkommen oder fehlen kann (Zustandserscheinung), schließe ich mich — wie bei den Faltern — auch hier Deegener und Escherich an. Speziellere Angaben über die mannigfaltigen Formen des Raupenhinterdarmes bietet die Literatur nicht.

Die Einzelabschnitte des Hinterdarms (Abb. 8, 14, 15, 21) — also Pylorialteil, Dünndarm und Rektum — sind bei den Raupen schon äußerlich sehr deutlich zu unterscheiden; ähnliches gilt im allgemeinen auch für die Sphinkter und die seinem Querschnitt eigentümliche Sechsteiligkeit. Diese zeigt sich fast stets und in wechselnder Deutlichkeit in Form von sechs gleichmäßig ringsherum verteilten und verschieden tiefen schmalen Längsfurchen, welche die Darmwandteile zwischen ihnen nach außen mehr oder weniger vorgewölbt erscheinen lassen und sich in das Lumen als vorspringende (Längs-)Leisten oder Rippen fortsetzen können (Abb. 14 e_4). Sie werden meist fälschlicherweise als Rektaldrüsen bezeichnet, welcher Ausdruck jedoch vor der von Jordan einmal gebrauchten richtigen Benennung als Rektalwülste zurückzutreten hat. Manche Autoren verlegen ihr Auftreten an das Rektum (daher wohl ursprünglich auch der Name), andere dagegen an den Dünndarm. Nach meinen Feststellungen kommen sie an beiden Teilen vor (dazu auch noch in seltenen Fällen und erheblich schwächer ausgebildet an dem vor dem Pylorialsphinkter gelegenen Hinterdarmanfangsteil (Abb. 13 c, r. 14 b) und verleihen dem Querschnitt der betreffenden Teile ein rosettenartiges Aussehen (Abb. 14 e_4).

Den Rektalwülsten bezw. den ihnen entsprechenden Längsfurchen wird eine kotformende Wirkung zugeschrieben; sie sollen nämlich dem Kot ihre Form eindrücken und so dessen Längskannelierungen hervorrufen. Dementsprechend werden einmal das Rektum, einmal der Dünndarm, ein anderes Mal beide zusammen auch als „Kotkammern" bezeichnet, wobei bei den betreffenden Autoren Zweifel herrscht, wo der Kot nun seine Form erhält.

Meine Beobachtungen gehen dahin, daß im allgemeinen die im Dünndarmbeginn noch ziemlich weiche Masse im hintern Dünndarmteil (also meist in der zweiten Kammer), wo sie bereits fester geworden ist, vorgeformt wird, um nach dem Durchgang durch den Sphinkter zwischen Dünndarm und Rektum im letzteren endgültig geformt und durch Austrocknung erhärtet zu werden. Querrinnen am Kotballen können sowohl durch einen aus mehreren Teilstücken erfolgenden Aufbau als auch durch Eindrücke des Sphinkters beim sukzessiven Passieren desselben sowie weiterhin durch eine manchmal auftretende feine Querkerbung der Hinterdarmwand (Abb. 14 a, k, p) entstehen. Je nach der Ausbildung des Dünndarms ist die Vorformung in ihm verschieden vollkommen. Auch neben den Rektalwülsten an der Darmwand auftretende kleine, ziemlich regellose Falten und Gebilde ähnlicher Art variieren die Oberfläche des Kotes.

Normalerweise nimmt der Dünndarm die halbe Länge, der Pylorialteil sowie das Rektum je ein Viertel des Hinterdarms ein; das Rektum kann aber unter entsprechender Verkürzung des Dünndarms auf die doppelte Länge anwachsen (bei einigen Schwärmern, Abb. 14 c). Der ganze Hinterdarm schwankt in seinem Längenverhältnis zum Gesamtdarm verhältnismäßig wenig (Abb. 21).

Der erste Hinterdarmabschnitt, der Pylorialteil, ist bei den Raupen weit besser ausgebildet als bei den Faltern und zerfällt deutlich in einen weiten, dünnwandigen vorderen Teil, welcher sich an den Mitteldarm mit gleichem Kaliber anschließt und dann verschieden rasch verjüngt, um in den engen und kräftigen Pylorialsphinkter — den hinteren Teil — überzugehen (Abb. 15). Der erstgenannte Abschnitt, welchen Deegener „Zwischenstück“ nennt, ist meist halbkugelförmig, aber auch kegelstumpfartig oder zylindrisch, verschieden lang (Abb. 14 e, h, k) und zeigt als Zustandserscheinung manchmal, wie bereits angedeutet, eine Sechsteiligkeit in Form von sechs Längseinschnitten (Abb. 14 b). Oft ist er in Bewegung zu sehen; seine Aufgabe scheint die Zubringung und Dosierung von Mitteldarminhalt zum Pylorialsphinkter zu sein, weshalb man ihn auch als dessen „Vorhof“ bezeichnen kann.

Der Sphinkter selbst erscheint meist schmäler und besitzt eine kräftige dicke Wand. Er kann knotenförmig oder zylindrisch (dabei auch mit konkav gebogener Außenwand) und dazu verschieden lang sein (Abb. 14 b, c, h, n, q). Im allgemeinen besitzt er ein einheitlich glattes Äußeres und erscheint nur manchmal schon äußerlich als aus zwei Ringwülsten zusammengesetzt. Von innen betrachtet zeigt er einige (zwei bis drei) starke, in das Lumen vorspringende und fein quergefaltete Ringwülste. Er kann in seinen Vorhof zum Teil eingeschoben sein, wodurch dieser einen nach unten überhängenden Rand ausbildet.

Den Pylorialabschnitt findet man (bei geringer Darmfüllung) des öfteren teilweise, selten ganz in das Mitteldarmende beweglich eingestülpt

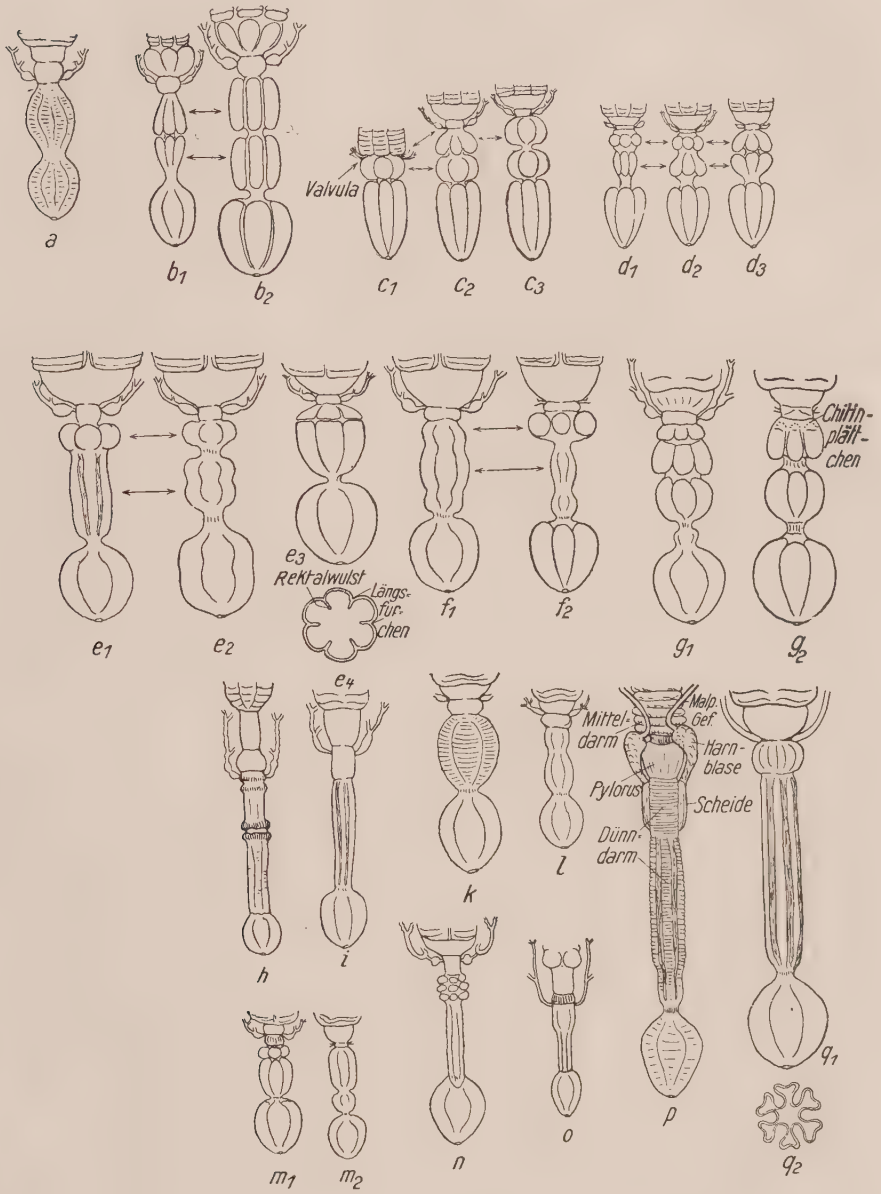


Abb. 14. Formen des Hinterdarmes der Raupen. (Die Doppelpfeile zeigen die Veränderungsmöglichkeiten des Dünndarmes an. Die Figuren *c*, *d*, $e_{1, 2}$ und *f* stellen jeweils den Hinterdarm einer Raupe, die Figuren *b*, $e_{2, 3}$ und *g* die Hinterdärme zweier verschiedener Raupen der betreffenden Art dar. Figur e_4 Querschnitt durch eine Dünndarmkammer bezw. ein Rektum, q_2 durch den Dünndarm).
a V. urticae L., *b* H. pinastri L., *c* Ch. elpenor L. (4. Stadium), *d* M. porcellus L., *e* D. vinula L., *f* Ph. bucephala L., *g* S. pavonia L., *h* A. pronuba L., *i* A. linogrisea Schiff., *k* A. asclepiadis Schiff., *l* Sc. libatrix L., *m* B. strataria Hufn., *n* C. fraxini L., *o* S. culiciformis L., *p* Z. pyrina L., *q* C. cossus L.

(Valvula pylorica, Abb. 14 c), wobei eine entsprechende Ringfalte und ein überhängender Mitteldarmrand entstehen. Ein unveränderliches rohrzapfenartiges Hineinragen des Hinterdarmanfangs konnte die makroskopische Beobachtung bei den Raupen nicht aufzeigen.

Der Dünndarm, welcher auf den Pylorus folgt, erstreckt sich bis zum Rektum, von welchem ihn wieder ein Sphinkter trennt (was auch von Deegener angegeben wird). Nach Imms und Bordas kann er in einen oder zwei kegelförmige Abschnitte, eiförmige Ampullen mit einer Einschnürung (Sphinkter) dazwischen zerfallen. Wie schon einleitend angedeutet, wird deren zweite oft als Dickdarm (Colon) bezeichnet.

Dadurch, daß die verschiedenen Autoren das Auftreten solcher Ampullen — wobei deren Benennung gleichgültig ist — für entweder stets vorkommend oder überhaupt fehlend annehmen, wird die Unklarheit in der Literatur noch gesteigert. Dies hat aber hauptsächlich darin seinen Grund, daß Einzelbeobachtungen ohne eine vergleichende Betrachtung verallgemeinert werden.

Nach meinen Beobachtungen stellt sich der Dünndarm nur in verhältnismäßig wenigen Fällen als einfacher Schlauch dar, welcher entweder gleichmäßig stark oder — häufiger — in der Mitte etwas dicker ist als an seinen Enden (man kann diese Form auch als aus einer einheitlichen großen Kammer bestehend ansehen — Abb. 14 i, k). In den meisten Fällen zeigt er dagegen ein bis zwei, selten drei mehr oder weniger stark ausgeprägte und in ihrer Längenausdehnung etwas schwankende kugel- bis eiförmige Kammern, welche durch Einschnürung(en) voneinander getrennt sind und in folgenden Hauptanordnungen zu beobachten sind: 1. Am Anfang — selten am Ende — des Dünndarms findet sich eine meist ziemlich kurze solche Kammer, während der übrige Teil schlauchförmig bleibt (Abb. 14 e_1, f_2, n), oder 2. der ganze Dünndarm ist in zwei ungefähr gleich große Kammern zerlegt; dies ist der häufigste Fall (Abb. 14 b, c, d, g), oder aber 3. und zwar sehr selten finden sich drei Ampullen, von welchen eine (meist die erste) kürzer ist als die übrigen (Abb. 14 g_1).

Diese Kammern können von nur schwach angedeutet (Abb. 14 e, f) bis zu voll und deutlich ausgebildet auftreten (Abb. 14 b_2, c_3); je nach ihrer Länge sind sie bei voller Entfaltung von fast zylindrisch (Abb. 14 b_2) über oval (Abb. 14 k) und kugelartig (Abb. 14 c, g) bis zu fast scheibenförmig (Abb. 14 f_2, m_1); ihre Breite bleibt dabei relativ gleich. Je nach dem Grade ihrer Entfaltung erscheint die sie trennende Einschnürung, welche als mäßig starker Sphinkter zu erkennen ist (Abb. 15), verschieden deutlich ausgeprägt. Von dem Grad ihrer Entfaltung ist ferner abhängig die äußere Erscheinungsweise der Sechsteiligkeit: Diese zeigt sich bei schwacher Ausbildung der Kammern in Form von wenig deutlichen (sechs) Längsfalten (Abb. 14 e_1, f_1); dagegen tritt sie an den ganz ausgetriebenen Kammern in Gestalt tiefer schmaler Längsfurchen (wie bereits geschildert) auf, wobei die dazwischen liegenden nach außen vorgewölbten Längssektoren der Wand nach oben und unten halbkreisförmig begrenzt sind und so je nach der Länge der Kammer als Halbkugeln (Abb. 14 $d_{1, 2}$; e_1) bis längliche Platten (Abb. 14 b_2) erscheinen. Auch bei mittlerem Entfaltungszustand der Kammern ist deren Sechsteiligkeit bereits deutlich; sie bilden aber dann meist überhängende Ränder (nach oben oder unten oder auch beides zusammen, Abb. 14 b_1, c_2; $d_{2, 3}$; g), was einer teilweisen Einstülpung des betreffenden Sphinkters gleichkommt und ihre oben angeführten Formen entsprechend (glockenartig) verändert. Die Kammern können sich bei entleertem Dünndarm so zurück-

bilden, daß dieser in seinem Aussehen einem ursprünglich einheitlichen (schlauchartigen) gleichkommt (Abb. 14 e, f, h). Bei leerem Dünndarm (besonders beim einfach schlauchförmigen) war die Sechsteiligkeit einige Male in Gestalt von sechs tiefen, breiteren Längsfalten zu beobachten (Abb. 14 e_1, i, p, q).

So sind diese verschiedenen Erscheinungsformen nur zu einem Teil Arteigentümlichkeiten; solche sind die Möglichkeit des Auftretens, Zahl und Länge der Kammern. Deren Entfaltungsgrad aber, welcher das Bild des Dünndarms bestimmend beeinflußt, ist ein Ausdruck des jeweiligen Zustandes der Dünndarmwand, der wiederum fast stets durch die Menge und Lage des Darminhalts bedingt wird.

Auch bei der Beurteilung der (möglichen) Zahl der Kammern und vor allem bei der Entscheidung der Frage, ob ein (zunächst) einfach schlauchförmig aussehender Dünndarm solche bilden kann oder nicht, spielt dieser Umstand erschwerend mit. Am betäubten Tier kann man so einen oft grundlegenden Wechsel der Erscheinungsform des Dünndarms innerhalb weniger Augenblicke verfolgen (Abb. 14 e, f). Es gibt aber doch Anhaltspunkte, um Zustandserscheinung und Strukturform genügend auseinanderzuhalten; so beseitigt z. B. eine vollständige Füllung des Dünndarms jeden Zweifel (Abb. 14 b_2, c_3, k). Vor allem führt eingehende Vergleichung vieler Tiere gleicher (z. B. Abb. 14 p, o und 21 k) und verschiedener Art zum Ziele. An der Außerachtlassung dieses Gesichtspunktes kranken, wie schon erwähnt, die Literaturangaben. Hier mag hinzugefügt sein, das Deegener mit seiner Bemerkung, daß die Längsfaltung des Dünndarms durch den Inhalt bestimmt werde, obige Feststellungen zu einem Teil bestätigt.

Eine die obigen Gesichtspunkte nach Möglichkeit berücksichtigende Zusammenstellung der Dünndarmgrundarten nach ihrem Auftreten bei den einzelnen Familien läßt folgendes erkennen:

1. Ein einteiliger (einheitlich schlauchartiger) Dünndarm ist zu finden bei Tagfaltern, Eulen, Spannern, Bären und Holzbohrern (Abb. 14 a, i, k, o);

2. ein zweiteiliger bei allen Schwärmern, einem Teil der Spinner, Eulen, Spanner, Bären und Holzbohrer. Diese Form kann als Normaltyp gelten (Abb. 14 b—f, l, h, m);

3. ein dreiteiliger tritt selten auf (bei Spinnern, Abb. 14 g_1).

Je nach der Zahl seiner (möglichen) Kammern besitzt der Dünndarm keinen, einen oder zwei Zwischensphinkter, welche nur bei einigermaßen deutlich ausgebildeten Kammern als starkwandige Einschnürungen äußerlich in Erscheinung treten.

Eine feine, regelmäßige Querkerbung (-Faltung) des Dünndarms war nicht oft zu finden (z. B. bei Tagfaltern, Eulen und Holzbohrern — Abb. 14 a, k, p). Abgesehen von den sechs Hauptlängsfalten zeigte sich — besonders bei geringer Darmfüllung — meist keine stärkere, wohl aber eine feine äußere Längsfaltung der Wand. Nur in ganz seltenen Fällen weist auch der gefüllte Dünndarm eine unregelmäßige (runzelige) äußere Oberfläche auf.

Das Rektum (Mastdarm, Enddarm) schließt sich unter Zwischenschaltung des bereits erwähnten Sphinkters an den Dünndarm an, dem es in seinem Bau und seiner Erscheinungsform ähnlich ist. Im Einklang damit steht die Mitteilung Deegeners, daß es histologisch nur einen modifizierten Teil des Dünndarms darstelle. Es ist fast stets gefüllt (auch

bei überwinternden Raupen), und so von kugelförmiger bis länglich-eiförmiger Gestalt (wobei sein Anfang breiter, sein Ende spitzer ist) (Abb. 14 c, e z. B.). Die Längsfurchen wie auch die Rektalwülste sind meist gut ausgeprägt (Abb. 14). Der proximale Sphinkter kann sowohl wirklich etwas eingeschoben sein, als auch durch einen stark vorgewölbten Vorderrand des Rektum sekundär eingestülpt erscheinen (Abb. 14 c, d). — Selten findet man eine regelmäßige feine Querfaltung (Abb. 14 a, p).

Im ganzen wiederholt das Rektum den Bau einer Dünndarmkammer; Gestalt und Aussehen gehen auch hier mit der Füllung Hand in Hand, sind aber wesentlich konstanter.

Das Rektum ist in Übereinstimmung mit der Länge der Kotballen bei den verschiedenen Raupenarten von verschiedener Längenausdehnung. Dem Umfang nach kommt es dem Dünndarm teils gleich, teils übertrifft es ihn.

Seinen Durchmesser verringert es gegen sein Ende zu rasch, um damit auch den Abschluß des ganzen Darmes, das Foramen ani (After) zu bilden. Hier wird es durch kräftige Muskeln unter reichlicher Faltenbildung geschlossen gehalten. Die Rektalwand geht dann unmittelbar in die Körperhaut über.

Die Malpighischen Gefäße.

Die Literatur über die Malpighischen Gefäße der Raupen hält sich im großen auf der gleichen Stufe wie die über die Gefäße der Falter. Als Mündungsstelle wird bei den Raupen stets der Hinterdarmbeginn (meist der Pylorus, aber auch die Grenze Mitteldarm-Hinterdarm) angegeben, wobei Kolbe die Verbindung mit dem Darmlumen zwischen die Wülste des Pylorialsphinkters, Deegener dagegen an das Ende des Pylorus verlegt. Bekannt ist, daß die Gefäße knorrig oder warzig sein können, während eine von Schindler schon vor langer Zeit mitgeteilte Fiederigkeit wie bei den Faltern in Vergessenheit geraten ist. Schindler erwähnt auch, daß die Malpighischen Gefäße bei den Raupen verhältnismäßig stärker sind als bei den Faltern. Auf die herrschende, aber durchaus nicht zutreffende Anschauung, daß die Malpighischen Gefäße wie bei den Faltern so auch bei den Raupen frei im Körper endigen, wird unten noch zurückzukommen sein.

Wie bei den Faltern fand ich auch bei den Raupen der sogenannten Großschmetterlinge stets sechs Malpighische Gefäße, deren beide, je drei Schläuche zusammenfassende Basalteile ebenfalls nicht genau an den beiden Seiten, sondern mehr oder weniger ventral, manchmal (besonders bei Holzbohrern) auch direkt an der Ventralseite an den Darm herantreten.

Diese äußere Mündung (Abb. 13, 14, 15) erfolgt

1. am Pylorialteil, und zwar sowohl an der Grenze von Vorhof und Sphinkter (nicht häufig, aber bei allen Familien), als auch am Sphinkter selbst (bei den meisten Arten aller Familien, oder aber

2. nach dem Pylorialabschnitt, entweder an der Grenze zum Dünndarm (nicht häufig, aber bei allen Familien) oder an den Anfangsteil des Dünndarms (nicht häufig, bei Eulen, Bären, Holzbohrern, Abb. 13 u, 14 p, 15).

Eine Mündung an der Grenze Mitteldarm-Hinterdarm, sowie am Mitteldarmende war bei den Raupen

nicht festzustellen. Jedoch kann eine Valvula den erstgenannten Fall vortäuschen (Abb. 14 c_1). Wie bei den Faltern ist auch bei den Raupen zwischen der äußeren Mündungsstelle und der Stelle des Kommunizierens der Mündungskanäle mit dem Darmlumen zu unterscheiden und (mit Deegener) anzunehmen, daß letzteres nie vor dem Sphinkter erfolgt.

In einer Anzahl von Fällen war sogar makroskopisch recht deutlich zu beobachten, wie die Mündungskanäle der Malpighischen Gefäße nach ihrer Mündung an den Pylorus unter dessen Oberhaut weiterliefen, um sich erst nach seinem Ende nach innen zu wenden. In ähnlicher Weise fand ich sie einmal (bei *Z. pyrina* L.) nach ihrer äußeren Mündung an die Grenze Pylorus-Dünndarm in einer Art erhabener Scheide noch ein Stück am Dünndarm herablaufend (Abb. 14 p). Der Schnitt durch den Hinterdarm einer *Lithosia*-Raupe (Abb. 15) läßt eine Mündung in den Dünndarmbeginn erkennen, wobei ein „Entgegenkommen" desselben zu bemerken ist. Wenn die Gefäße wie (z. B. bei *D. tiliae* L.) schon außen zwischen auch äußerlich sichtbare Ringwülste des Sphinkters einmünden, werden sie dem Lumen wohl direkt zustreben; doch scheint dieser Fall nicht zu häufig zu sein.

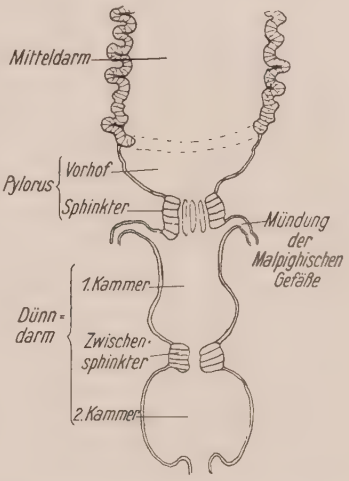


Abb. 15.
Längsschnitt (schematisiert) durch Mitteldarmende, Pylorus, Mündung der Malpighischen Gefäße und Dünndarm einer Lithosia-Raupe.

Die Lage der äußeren Mündungsstelle kann auch bei den Raupen erheblichen Schwankungen individueller Art unterworfen sein.

Der (freie) Basalteil der Malpighischen Gefäße (Abb. 13, 14, 16) ist — umgekehrt wie bei den Faltern — bei den Raupen in der Regel zu einer Harnblase ausgebildet; nur selten zeigt er sich als Rohr (bei Holzbohrern, Spannern, *Lithosia*. Die Blase ist meist (länglich) eiförmig, weniger oft rund, und nur manchmal nierenförmig oder spindelartig; in einigen Fällen erscheint sie auch nur als einseitige Erweiterung des Basalstückes (Abb. 16 a). Ab und zu setzt sich dieses auch aus zwei hintereinander geschalteten Blasen zusammen. Im allgemeinen besitzt nur die runde Blase unter Zwischenschaltung eines fadendünnen kurzen Stiels der Darmwand breit an, während die übrigen Blasenformen sich schon etwas vor dieser basal rohrähnlich verengen und so einen kräftigen „Stiel" erhalten (Abb. 16 f, g).

In ihrer Größe wechselt die Harnblase stark; von sehr klein bis zu einer Länge, welche der Breite des Pylorialsphinkters gleichkommt, findet man alle Übergänge. Ihre Oberfläche ist fast stets glatt; nur bei

Z. pyrina L. fand ich diese einmal etwas warzig und runzelig (Abb. 16 m_1; der distale Teil dieser keulenförmigen Blase war durch eine dünne Hautwand mit der Darmwandung verwachsen, welcher einmaligen Besonderheit aber wohl keine weitere Bedeutung zuzuerkennen ist).

Die Verzweigungsart der Gefäße (Abb. 13, 14, 16) ist unterschiedlich. Seltener als bei den Faltern entspringen alle drei Gefäße

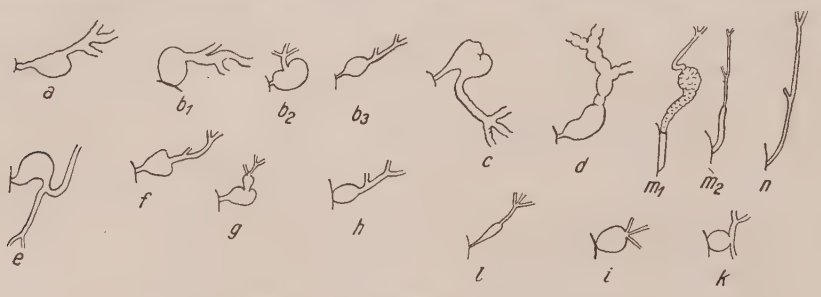


Abb. 16. Basalteile der Malpighischen Gefäße der Raupen.
a D nerii L., *b* L. dispar L., *c* A. ningpoana Fldr., *d* A. auricoma F., *e* A. atropos L., *f* M. tiliae L., *g* Ch. elpenor L., *h* V. urticae L., *i* V. io L., *k* St. salicis L., *l* Oe. quadra L., *m* Z. pyrina L., *n* T. apiforme Cl.

gleichzeitig aus dem distalen Ende der Blase (Abb. 16 i) oder verzweigen sich nach einem kurzen rohrförmigen Zwischenstück in gleicher Weise (Abb. 16 l — bei einigen Tagfaltern, Spinnern, Bären und Eulen). Meist ist dagegen die nacheinander erfolgende Verzweigungsart anzutreffen, wobei die erste Gabelung ziemlich selten sofort (ohne Zwischenstück, Abb. 16 k) erfolgt. Besonders bei Holzbohrern, aber auch bei wenigen Spinnern und Eulen sind sehr lange Zwischenstücke zwischen den beiden Gabelungen vorhanden (Abb. 16 m, n; 13 v, u), während eine innerhalb einer sehr kurzen Strecke erfolgenden Verzweigung nur bei einigen Spinnern zu bemerken war. Bei der nierenförmigen Harnblase entspringen die Schläuche aus der Seite (Abb. 16 b_2).

Was den weiteren Verlauf bis zum Rektum betrifft (Abb. 21), so ziehen die Gefäße wie bei den Faltern rings um den Darmkanal verteilt zuerst ungefähr bis zur Mitte des Mitteldarms diesem eng anliegend hinauf, um dann wieder umzukehren. Dabei sind sie nur in wenigen Fällen (bei einigen Schwärmern, Spinnern und Eulen) stärker gewunden. Haben sie das distale Ende des Mitteldarms wieder erreicht, so entfernen sie sich etwas vom Darmkanal und bilden, stark und vielfach gewunden, einen lockeren Knäuel um den Pylorialteil; von da an bis zum Beginn des Rektums werden Stärke und Zahl der Windungen wieder geringer unter gleichzeitiger Wiederannäherung an den Darm. Nur selten begleiten einzelne Gefäßschläuche ausschließlich den Hinterdarm (wie auch bei einigen Faltern).

Im allgemeinen sind die Gefäße — unabhängig von ihren Windungen — am Hinterdarm, weniger oft auch schon am Mitteldarm, eng und klein geschlängelt (Abb. 17 b). Auch bei den Raupen können hierbei durch Überschneidung dieser kleinen Biegungen der Wand teilweise perlschnurartige Formen entstehen (besonders bei Eulen z. B.); nicht häufig

kommt diese Erscheinung auch rein ursprünglich — durch sich gegenüberliegende regelmäßige Einschnürungen der Gefäßwand — vor (z. B. bei einigen Spinnern und Eulen, Abb. 17 a). Die feine Schlängelung kann so stark werden, daß die kleinen Windungen ganz dicht nebeneinander zu liegen kommen, wodurch die Gefäße ein breites Aussehen mit gegeneinander versetzten Einkerbungen ihrer Seitenwand annehmen (*Z. pyrina* L., Abb. 17 c). Im Gegensatz zu den Windungen ist die Schlängelung unbeweglich fest.

Die Oberfläche der Gefäße ist in der Mehrzahl der Fälle glatt. Häufiger jedoch als bei den Faltern und oft auch stärker ausgeprägt tritt eine Warzigkeit (Abb. 17 d—h) auf; ebenso selten aber — und dabei schwächer ausgebildet — Fiederigkeit (*A. atropos*-Raupe, Abb. 17 i_3). Die Warzigkeit kann schwanken von runzeliger, knorriger Ausbildung der Oberfläche bis zu einzelnen erhabenen, rundlichen Auswüchsen (Abb. 17 d—h); diese wieder treten auf von einzeln verstreut (Abb. 17 h_1) bis in großer Zahl dicht nebeneinander und den Gefäßschlauch traubenartig bedeckend (Abb. 17 h_2). Bei stärkerer Ausbildung gehen sie in Äste über (nur bei Schwärmern, z. B. *A. atropos* L., Abb. 17 i_3).

Diese Verschiedenheiten sind sowohl am gleichen Gefäß als auch bei den Gefäßen verschiedener Raupenarten möglich (Abb. 17 h, i). Im allgemeinen sind die Warzen unregelmäßig angeordnet und geformt. Ausgenommen davon sind die Fiederäste, die regelmäßig und zum Teil gegenseitig versetzt angeordneten flachen, runden Warzen (bei *S. culiciformis* L., Abb. 17 f), sowie die an den Außenseiten von kleinen scharfen regelmäßigen Biegungen sitzenden (halb-) kugeligen Warzen (bei *H. monoglypha* Hufn., Abb. 17 d).

Die Unregelmäßigkeiten der Oberfläche sind am stärksten am Pylorus und Dünndarmanfang; weiter nach hinten zu flauen sie mehr oder weniger stark ab; am Mitteldarm sind sie nur ganz selten anzutreffen.

Die Länge des bisher besprochenen Abschnittes der Malpighischen Gefäße ist Schwankungen ausgesetzt, welche sich äußerlich in der verschiedenen Stärke der Windungen ausdrücken. Besonders lange Gefäße zeigen einige Spinner, besonders kurze wenige Eulen und mehrere Spanner. Besonders dicke Gefäßschläuche kommen bei einigen Spinnern und Eulen, dünne bei wenigen Eulen vor. Damit ist auch eine verschiedene Art der Gesamtentwicklung der Gefäße ausgedrückt. Die Gefäße der Raupen schwanken hierin weniger als die der Falter. Hingegen ist auch bei ihnen ein Polymorphismus (z. B. hinsichtlich Warzigkeit, Art der Harnblase (Abb. 16 b) und Verzweigung, Mündungsstelle oft anzutreffen).

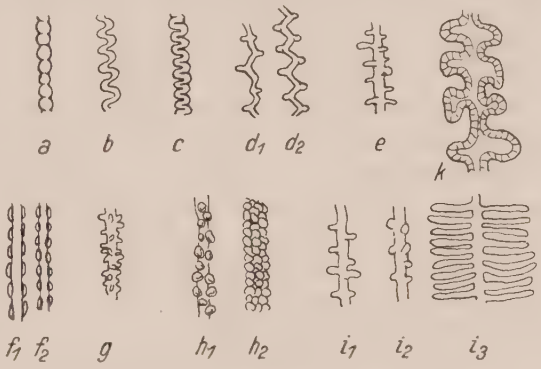


Abb. 17. Formen der Malpighischen Gefäße der Raupen. (Fig. *k* ist stärker vergrößert.)
a D. pini L., *b* B. mori L., *c* Z. pyrina L., *d* H. monoglypha Hufn., *e* H. fuciformis L., *f* S. culiciformis L., *g* A. ningpoana Fldr., *h* C. cossus L., *i* A. atropos L., *k* D. pudibunda L.

Ihr Inhalt, welcher durch die durchsichtige Wand erkennbar ist, ist auch weniger wechselnd gefärbt als bei den Faltern: Er ist meist geblich-klar, nur selten andersfarbig oder milchigtrüb (weißlich, braun, rot), was dann besonders am Mitteldarm und nie am Rektum der Fall ist. Die Harnblase selbst erscheint fast stets klar wasserhell.

Bis zu dem nun beginnenden Verlauf am Rektum (Abb. 18) zeigen die Malpighischen Gefäße der Raupen eine recht weitgehende allgemeine Übereinstimmung mit denen der Falter. Dann wird aber insofern ein grundlegender Unterschied offenbar, als die Gefäße der Raupen mit der Wand des Rektums eine enge Verbindung eingehen, während die der Falter, wie bereits geschildert, blind und frei im Körperraum endigen.

Obwohl Schindler schon 1878 mitgeteilt hat, daß die Enden der Malpighischen Gefäße bei den Raupen meist „in den Häuten des Rektums versteckt" sind, und obwohl aus Zeichnungen bei Metalnikoff und vielleicht auch Nüßlin-Rhumbler ähnliches (wenn auch ungenau) hervorgeht, herrscht doch sonst überall noch die bereits erwähnte Ansicht, daß die Malpighischen Gefäße auch bei den Raupen der Lepidopteren frei im Körper endigen.

Es war mir nun möglich, hierüber folgendes festzustellen:

Kurz vor dem Rektum nehmen die Malpighischen Gefäße mehr oder weniger rasch und stark an Durchmesser ab und gehen selten vor oder an dem Sphinkter zwischen Dünndarm und Rektum, meist jedoch kurz nach ihm eine Verbindung mit der Wand des Rektums ein (Abb. 18). Dabei konnte aber nie eine vorherige Vereinigung von je drei Gefäßen zu einem gemeinsamen Schlauch festgestellt werden, wie es die Zeichnungen bei Nüßlin und Metalnikoff wiedergeben und wovon auch bei Schindler nichts erwähnt ist, sondern immer treten die sechs Gefäße einzeln, rings herum verteilt, in die Wand ein. Eine solche Vereinigung ist auch deshalb sehr wenig wahrscheinlich, weil jedes Gefäß am Rektum einen der sechs durch die sechs Längsrinnen (Rektalwülste) gebildeten Längssektoren des Rektums einnimmt. Auf diesem verläuft es bis zum Ende herab in meist ziemlich regelmäßigen engen bis sehr engen Schlangenlinien, hauptsächlich in der Querrichtung, hin und her; dabei zeigt es selbst außerdem noch eine kleine sekundäre Schlängelung (Abb. 18). Eine vorher etwa auftretende Warzigkeit usw. der Gefäßoberfläche verliert sich am Rektum meistens. — Der Durchmesser der Gefäßschläuche ist hier entweder verhältnismäßig wenig kleiner (etwa $^1/_2$ bis $^4/_5$) als während ihres freien Verlaufes (Abb. 18 a, b), oder aber auch ganz außergewöhnlich gering, so daß die Gefäße fadendünn erscheinen (Abb. 18 c).

Mit dieser sehr verschiedenen Stärke hängt auch die Art und Dichte der Windungen zusammen, und zwar derart, daß sie um so enger und dichter gelagert sind, je feiner die Gefäße sind. Diese überziehen das ganze Rektum somit mit einem engen bis sehr dichten und feinen Netzwerk (zu dessen Untersuchung für den letzteren Fall eine stärkere Vergrößerung herangezogen werden muß).

Jedes Gefäß bleibt bis zum Ende des Rektums, wo es selbst mit einem runden Ende abschließt, selbständig und erfährt durch die vielen Windungen eine gegen seinen freien Verlauf oft sehr bedeutende Verlängerung.

Die Art der Verbindung mit der Rektalwand gestaltet sich nun folgendermaßen: Bei frisch getöteten Tieren erscheinen die Malpighischen Gefäße fest und unablösbar mit der Rektalwand verwoben; bringt man diese jedoch z. B. in verdünntes Formol, so läßt sie sich in eine dünnere äußere und eine stärkere innere Schicht spalten; zwischen beiden findet man dann die Malpighischen Gefäße eingelagert, welche sich nun ziemlich leicht herauslösen lassen. Eine mikroskopische Untersuchung an einem Schnitt (Abb. 8 u. 19) bestätigt diese Beobachtung: Von außen nach innen kommt zuerst die Außenhaut (Tunica propria) des Rektums, dann folgen die Gefäße (dicht) nebeneinander,

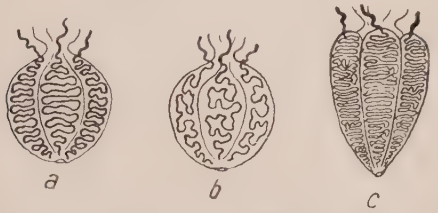


Abb. 18. Der Verlauf der Malpighischen Gefäße der Raupen am Rektum.
a M. rubi L., *b* D. pini L., *c* M. porcellus L.

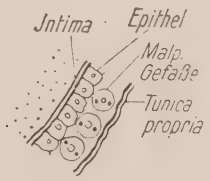


Abb. 19. Querschnitt durch die Rektalwand einer Einhäuterraupe von A. caja L. mit den Malpighischen Gefäßen.

hierauf Epithel (ungefähr kubische Zellen), darauf die Innenhaut (Intima) des Rektums Eine Einmündung in das Darmlumen findet nicht statt.

Es ist wohl denkbar, daß ein osmotischer Austausch zwischen den Malpighischen Gefäßen und der (inneren) Rektalwand stattfindet, und es liegt nahe, den Gefäßen eine kotaustrocknende Wirkung zuzuschreiben (wie z. B. bei verschiedenen Käfern). Dem kann aber entgegengehalten werden, daß dann die dem Kot entzogene Feuchtigkeit durch die Gefäße dem Hinterdarm wieder zugeführt werden würde; es sei denn, daß die Gefäße sie direkt nach außen abgeben (Holokrine Sekretion der Malpighischen Gefäße an ihren Enden, von welcher Marcus bei einigen Käfern berichtet).

Die Art der Verbindung der Malpighischen Gefäße der Lepidopterenraupen mit der Rektalwand zeigt eine große Ähnlichkeit mit dem radialen Verwachsungstyp, wie ihn Marcus bei Käfern festgestellt hat.

Die beschriebene Verbindung der Gefäße mit der Rektalwand entging mir beim Anfang meiner Untersuchungen; nach ihrer Feststellung traf ich sie bei allen weiterhin untersuchten Raupen an. Somit glaube ich annehmen zu können, daß sie, wenn überhaupt, nur bei einem ganz geringen Teil der Raupen fehlt. Schindler, dessen Arbeit ich erst nach Beendigung meiner Untersuchungen in die Hand bekam, berichtet, daß die

Tabelle 1a.
Relative Darm- und Darmteillängen der Falter.
(Näherungswerte.)

	D : K	V : D	M : D	H : D	SDr. : D	V : M : H
Rhopaloceren . . .	1,00—1,40 (normal 1,20)	0,25—0,30	0,20—0,30	0,30—0,60	0,50—1,90	Im Mittel 1 : 1 : 2,2
Sphingiden . . .	1,60—1,75 (normal 1,60)	ca. 0,20	0,10 – 0,15	0,60—0,80	0,90—2,20	1 : 0,65 : 4
Bombyciden . . .	1,00—1,50 (normal 1,10)	0,30—0,40	0,08—0,40 (normal 0,15—0,20)	0,30—0,60	0,0 [0,1] bis 0,80	1 : 0,5 : 1,5
Noctuiden	1,30—1,50 bis 2,00 (normal 1,40)	0,20—0,30	0,20—0,30	0,50—0,60	ca. 0.50 bis 2,90	1 : 1 : 2
Geometriden . . .	1,10—1,40 (normal 1,20)	0,25—0,30	0,10—0,20	0,50—0,60	0,20—0,60	1 : 0,7 : 3,5
Arctiiden	1,10—1,30 (normal 1,15)	ca. 0,25	ca. 0,20	ca. 0,50	0,15	1 : 0,8 : 2,5
Zygaeniden . . .	1,10—1,30 (normal 1,20)	ca. 0,30	0,20	0,50	0,15—0,20	1 : 0,8 : 2,3
Gesamt-Grenzwerte	1,00—1,75 bis 2,00	0,20—0,40	0,08 – 0,40	0,30 – 0,80	0,0 [0,1] bis 2,90	ca 0,70 bis 3,00
Gesamt-Mittel- (Normal-) Werte	ca. 1,25	ca. 0,25	ca. 0,20	ca. 0,55	ca. 0,90	ca. 1,50
Gesamt-Grenzwerte	V : M = 4,00 bis 0,85		M : H = 1,00 bis 0,10	V : H = 1,00 bis 0,20		↑MG : D↑

D = Gesamtdarmlänge; K = Körperlänge; V = Vorderdarmlänge; M = Mitteldarmlänge; H = Hinterdarmlänge; SDr. = Speicheldrüsenlänge; MG = Länge der Malpighischen Gefäße.

Tabelle 1b.
Relative Darmteillängen der Raupen.
(Näherungswerte.)

	D : K	V : D	M : D	H : D	SDr. : D
Grenzwerte . .	1,00 konstant	0,08—0,45	0,30 – 0,75	0,20—0,40	0,70—6,25
Normalwert . .		0,20—0,25	ca. 0,50	0,25—0,30	ca. 1,70

	MDr. : D	MG : D	V : M	H : M	V : H
Grenzwerte . .	0,10—4,20	ca. 0,50 – 3,00	0,15—1,00	0,30—1,00	0,35—1,45
Normalwert . .	ca. 0,25	ca. 1,80	0,50	0,50	1,00

D = Gesamtdarmlänge; K = Körperlänge; V = Vorderdarm; M = Mitteldarm; H = Hinterdarm; SDr. = Spinndrüsen; MDr. = Mandibulardrüsen; MG = Malpighische Gefäße (freier Teil). D ist stets = K; also z. B. V : D = V : K usw.

Erscheinung „bei den meisten Raupen“ auftrete. Die Feinheit der Gefäße an der Rektalwand sowie das Fehlen eines Farbunterschiedes gegenüber dieser und weiterhin der Umstand, daß sie an der Eintrittsstelle bei der Präparation sehr leicht abreißen, mag es erklären, daß die geschilderte Verbindung mit ihr bisher fast durchweg übersehen wurde.

B. Allgemeiner Teil.

Beziehungen zwischen Faltern und Raupen.

a) Wenn auch bezüglich der Beziehungen zwischen Falter und Raupe der gleichen Art der grundlegende Unterschied zwischen dem Falter- und dem Raupendarm im ganzen wesentliche Übereinstimmungen nicht erwarten läßt, so ist man doch geneigt anzunehmen, daß sich eine besonders auffallende morphologische Einzeleigentümlichkeit einer Art sowohl bei der Raupe als auch beim Falter zeigen würde (wobei hier eine event. verschiedene Entstehungsursache der gleichen äußeren Erscheinungsform außerhalb der Berücksichtigung bleiben möge). Das ist nun aber kaum oder überhaupt nicht der Fall, besonders wenn man geringe Korrelationen, welche sich schwer bestimmt erfassen lassen, beiseite läßt.

Wohl aber sind gegensätzliche Erscheinungen deutlich zu beobachten, wobei an die Fiederigkeit der Malpighischen Gefäße erinnert sei: Bei *D. nerii* L. besitzt der Falter gefiederte Gefäße, die Raupe dagegen glatte; bei *A. atropos* L. ist es umgekehrt. Entsprechendes kann man auch hinsichtlich der Warzigkeit und sonstigen Ausbildung der Gefäße finden. In ähnlicher Weise steht z. B. auch dem sehr drüsigen Mitteldarm des Falters von *V. io* L. ein sehr glatter der Raupe gegenüber.

b) Vergleicht man Falter und Raupen nach Familien, so findet man z. B., daß die Schwärmer zwar als Imagines und Larven hinsichtlich der Morphologie ihres Darmes sowohl unter sich sehr einheitlich als auch gegen die übrigen Familien recht scharf abgegrenzt sind, ohne dabei aber einzelne besondere gemeinsame Züge zwischen den beiden Stadien aufzuweisen. Bei den Spinnern hinwieder stellen sowohl die Falter als auch die Raupen die am wenigsten einheitliche und gesonderte Gruppe dar und bilden so in dieser Hinsicht das Gegenteil der Schwärmer; doch entsprechen im großen die einfacher gebauten bezw. die besser ausgebildeten (z. B. die Saturniden) Spinner-Faltergruppen auch ebensolchen Raupengruppen. Ob die bei den Eulenraupen öfters als bei den andern Familien auftretende mäßige Anfangsverstärkung des Mitteldarmes mit der starken und typischen derartigen Ausbildung des Eulenfaltermagens auf gleicher Linie liegt, erscheint zweifelhaft, zumal auch bei den Schwärmerraupen weiter nichts davon zu bemerken ist.

Im allgemeinen läßt sich also nur sagen, daß ein im ganzen einfacher bezw. fortgeschrittener Bau des Raupendarmes auch einem ebensolchen des Falterdarmes der gleichen Art oder Familie wohl entsprechen kann (was auch meist der Fall ist), nicht aber entsprechen muß.

Veränderung des Darmes während der Raupenentwicklung.

Es ist des öfteren die Beobachtung zu machen, daß das jüngere Stadium einen längeren Vorderdarm und einen entsprechend kürzeren Mitteldarm, welcher dazu noch eine schwächere Querfaltenbildung zeigen kann, besitzt als die erwachsene Raupe (dies könnte übereinstimmen mit der Mitteilung Schwerdtfegers, wonach die jüngere Raupe [*B. piniarius*] die Nahrung besser ausnützt als die ältere: Bessere Vorbereitung der Nahrung im längeren Kropf, so daß ein kürzerer Mitteldarm zur Verdauung genügen würde). Eine einheitliche Linie ist hierin aber nicht aufzufinden. Ebensowenig zeigen sich in der Form der Darmkanalabschnitte wie auch der Malpighischen Gefäße und der Madibulardrüsen deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Stadien.

Anders dagegen verhält es sich bei den Spinndrüsen, welche bei der jüngeren Raupe in ihrer ganzen Entwicklung hinter der älteren im allgemeinen wesentlich zurückstehen. Der Unterschied kann sich auf relative Stärke, Länge und damit Windungszahl, auf Windungsart sowie auf das Verhältnis der Drüsenabschnitte zueinander erstrecken. Auch noch während des letzten Stadiums geht ein oft sehr erhebliches oder sogar das stärkste Längen- und Dickenwachstum vor sich (so fand ich z. B. die Spinndrüsen bei *D. vinula* L. am Anfang des letzten Stadiums einmal, am Ende desselben aber sechs- bis siebenmal so lang als den ganzen Körper). Auf diese Verhältnisse bei den Spinndrüsen hat schon Helm in ausführlicheren, mit Zahlen belegten Angaben hingewiesen.

Längen- und Größenverhältnisse.

Aus der beigegebenen zeichnerischen (Abb. 22) sowie zahlenmäßigen (Tabelle 1) Zusammenstellung können die relativen Längen und Größen des Darmes und seiner Teile in ihrem Verhältnis zueinander sowie zur Körperlänge entnommen werden.

Während die absoluten Größenverhältnisse für eine vergleichende Betrachtung naturgemäß von geringem Wert sind, erscheint es angebracht, sich mit den relativen etwas näher zu befassen.

I. Bei den Faltern fällt eine große Verschiedenheit der Gesamtdarmlänge im Vergleich zur Körperlänge einerseits, sowie der gegenseitigen Länge der Darmteile anderseits auf. (Aus diesem Grunde sind letztere bei Vergleichen auf die Gesamtdarmlänge zu beziehen.)

a) Eine größere Länge des Gesamtdarmes entsteht fast stets durch eine Verlängerung vor allem des Hinterdarmes (Schwärmer z. B.), während der Magen daran wenig (Eulen), der Vorderdarm überhaupt nicht beteiligt ist. Unabhängig davon und ohne dadurch einen langen Gesamtdarm (d. h. längeren als der Körper) zu verursachen, kann ein langer Hinterdarm auch durch eine entsprechende Verkürzung des Mitteldarms (welche durch eine größere Breite wieder ausgeglichen werden kann) hervorgerufen werden (z. B. bei einigen Spinnern).

b) Nicht im Zusammenhang mit dem ganzen Darm betrachtet, zeigt sich von dessen Einzelteilen der Vorderdarm in seiner Länge am konstantesten; am veränderlichsten ist hier der Magen, und der Hinterdarm kommt erst nach ihm.

Von den Anhängen des Darmes sind die Speicheldrüsen in ihrer Länge sehr, die Malpighischen Gefäße weniger wechselnd. Der Vormagen zeigt ebenfalls eine ziemliche Größenvariabilität.

Innerhalb der einzelnen Familien ist die Größe der erwähnten Schwankungen verschieden; es erscheinen so die Schwärmer (auch die Eulen) als besonders einheitlich und konstant gegenüber den Spinnern als der Familie, welche fast alle Grenzwerte liefert. Hinsichtlich des Darmteillängenverhältnisses sind die Tagfalter und Eulen einander ähnlich und unterscheiden sich hierin von den Schwärmern.

Bezüglich der Charakterisierung der einzelnen Falterfamilien nach ihren allgemeinen Darmlängen ergibt sich folgendes Bild (siehe auch Abb. 20 u. Tab. 1a):

1. Der Gesamtdarm ist besonders bei den Schwärmern sehr lang; auf sie folgen in dieser Hinsicht die Eulen, dann die Tagfalter, bei welchen er nicht sehr viel länger ist als der Körper; den Tagfaltern wieder nähern sich die Spanner. Den kürzesten Darm besitzen die Spinner.

2. Die Darmteile verhalten sich folgendermaßen:

Tagfalter: Mittlere Magen- und Hinterdarmlänge sowie Vormagengröße; Speicheldrüsen mittel bis lang, Malpighische Gefäße mittellang.

Schwärmer: Kurzer aber breiter Magen, sehr großer Vormagen, sehr langer Hinterdarm, Speicheldrüsen lang, Malpighische Gefäße mittel bis lang.

Spinner: Magen sehr klein bis sehr groß, Hinterdarm lang bis kurz (dabei selten länger als der Körper); Vormagen fehlend, klein bis groß; Speicheldrüsen meist kurz, nur selten lang; Malpighische Gefäße kurz bis lang.

Eulen: Magen und Hinterdarm lang, Vormagen mittelgroß, Speicheldrüsen lang, Malpighische Gefäße mittel bis lang.

Spanner: Magen klein bis mittelgroß, Hinterdarm mittel bis ziemlich lang, Vormagen mittel, Speicheldrüsen klein bis mittel; Malpighische Gefäße kurz bis mittel.

Bären: Magen mittel, Hinterdarm kurz bis mittel; Vormagen fehlend bis mittel, Speicheldrüsen klein bis mittel; Malpighische Gefäße mittel.

Zygänen: Magen mittel, Hinterdarm mittel bis lang; Vormagen groß, Speicheldrüsen mittel, Malpighische Gefäße mittel.

II. Bei den Raupen ist der Darmkanal selbst auch hinsichtlich seiner Größenverhältnisse einheitlich; er ist vor allem stets so lang als der Körper. Also muß eine Größenänderung eines Abschnittes immer auf Kosten eines oder der beiden anderen vor sich gehen. Hierbei schwanken in gegenseitigem Wechsel besonders Vorder- und Mitteldarm; weniger veränderlich ist der Hinterdarm. Der Mitteldarm erscheint auch bei den Raupen als der an und für sich variabelste Teil des Darmkanals selbst; nach ihm kommt aber hier der Vorderdarm und erst dann der Hinterdarm.

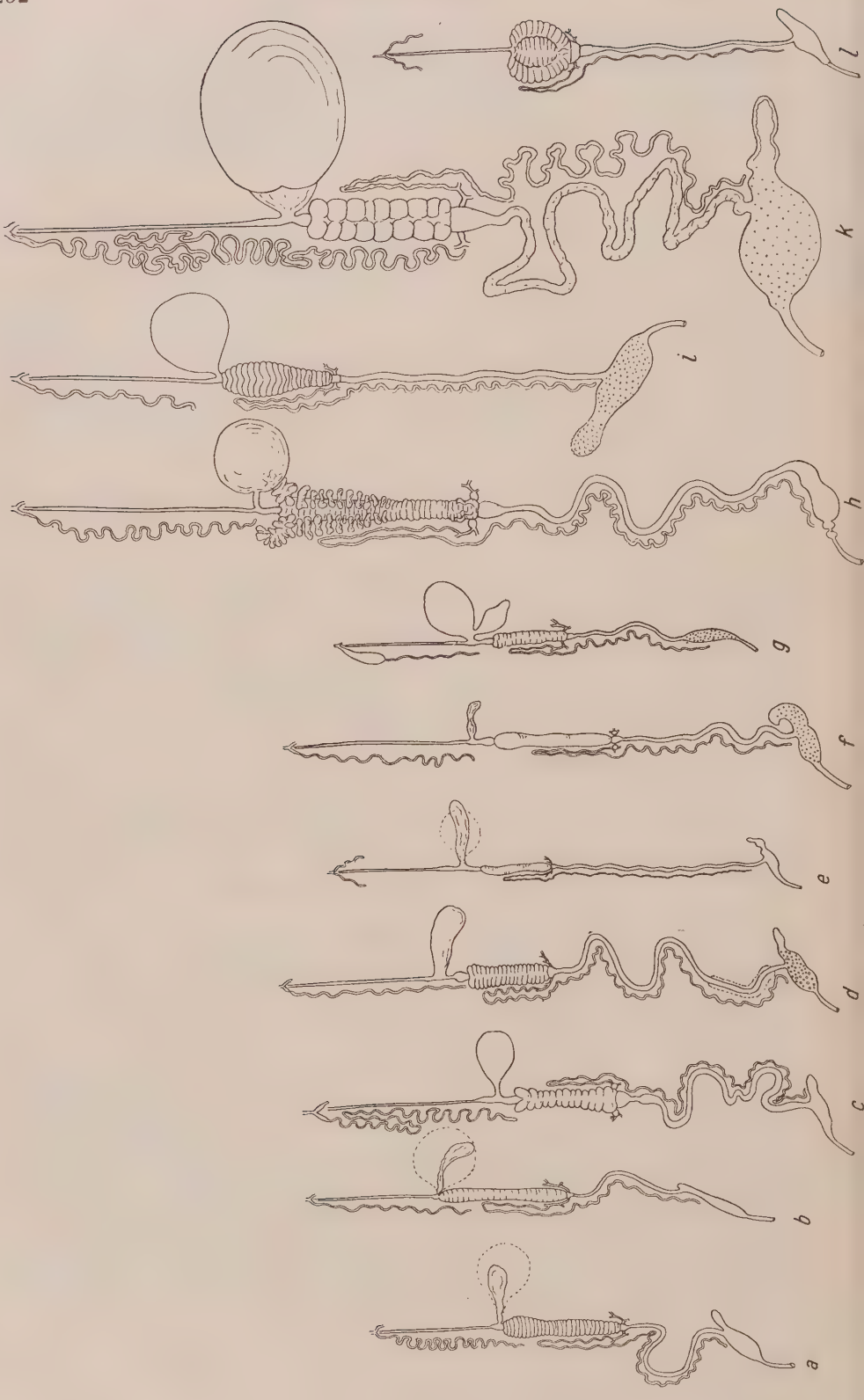
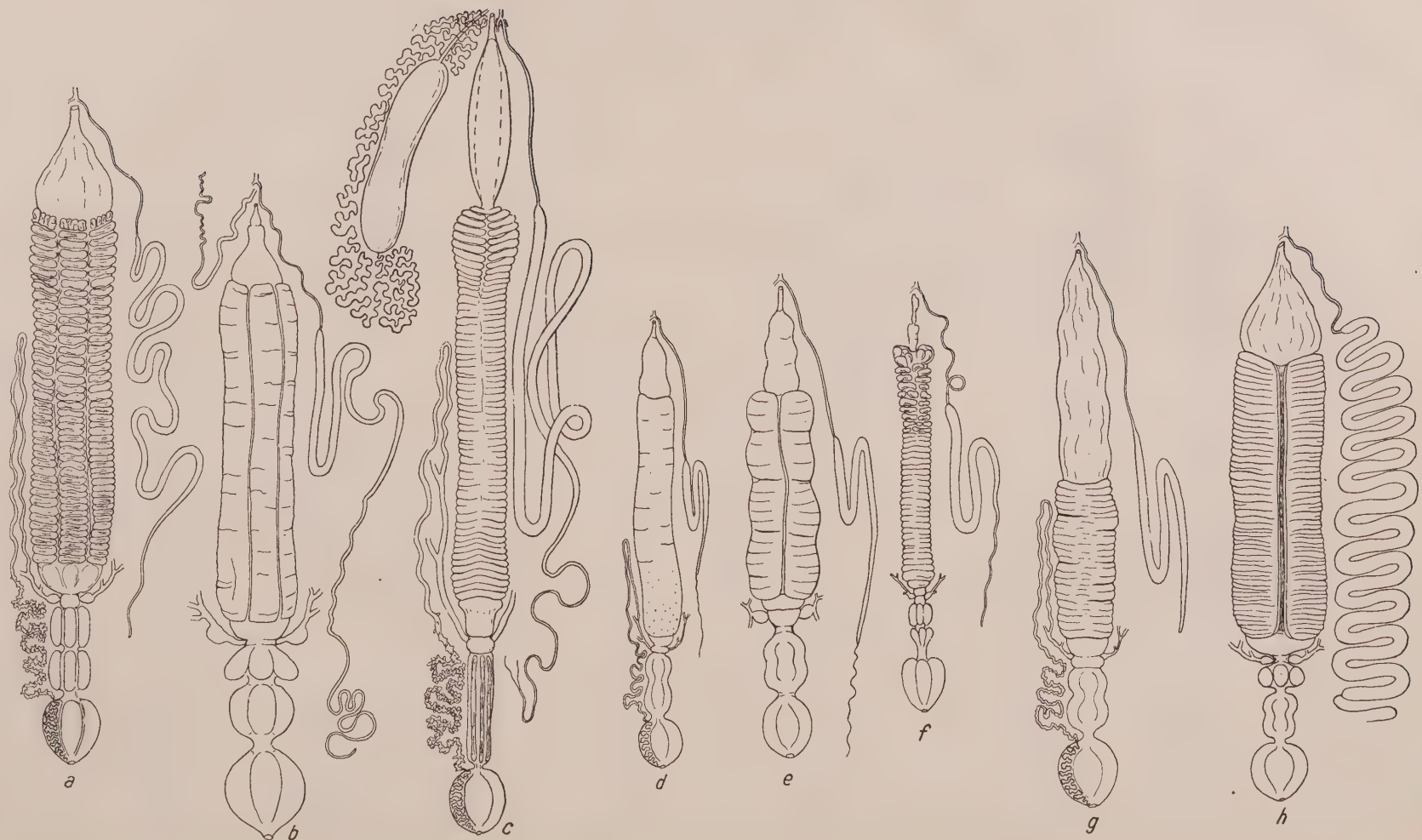

l
k
i
h
g
f
e
d
c
b
a

Abb. 20. Darmtypen der Falter.

a A. selene Schiff., *b* C. arcania L., *c* A. prorsa L., *d* Boarmia spec., *e* H. aurantiaria Esp., *f* P. plantaginis L., *g* Z. filipendulae L., *h* V. io L., *i* P. bucephala A., *k* P. cecropia L., *l* S. salicis L., *m* C. fulminea L., *n* Sph. ligustri L., *o* L. dispar L., *p* D. pudibunda L., *q* D. pini L., *r* H. monoglypha Hufn., *s* A. pronuba L.


a
b
c
d
e
f
g
h

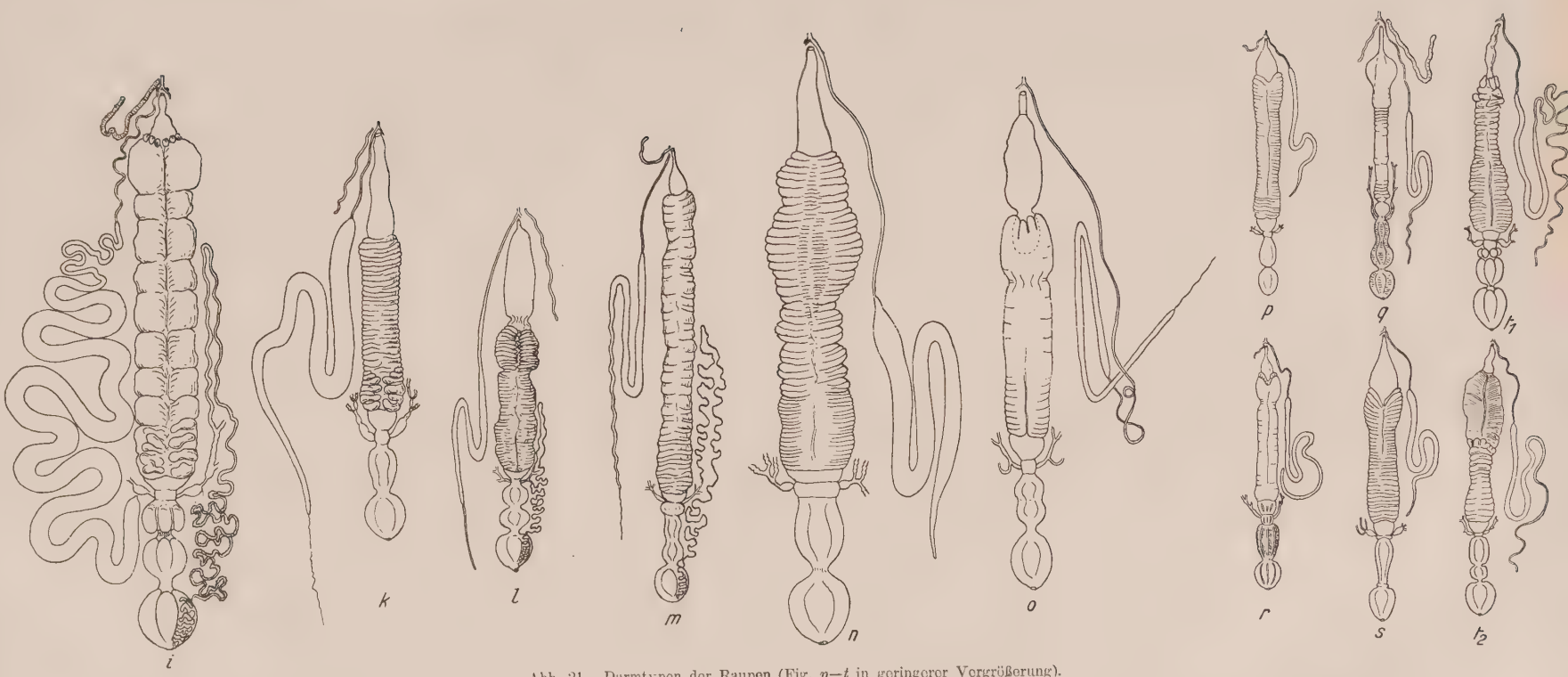


Abb. 21. Darmtypen der Raupen (Fig. *p—t* in geringerer Vergrößerung).

a H. pinastri L., *b* D. nerii L., *c* C. cossus L., *d* Geometra spec., *e* St. salicis L., *f* Dasychira spec., *g* D. pini L., *h* D. vinula L., *i* S. pavonia L., *k* A. auricoma F., *l* P. flammea Schiff., *m* Sc. libatrix L., *n* A. caja L., *o* B. consortaria F., *p* P. brassicae L., *q* Z. pyrina L., *r* Phr. fuliginosa L., *s* M. brassicae L., *t* B. strataria L.

Die Anhänge des Darmkanals sind wie bei den Faltern so auch bei den Baupen allgemein sehr veränderlich. Besonders gilt dies für die Spinndrüsen, bei welchen sich aber (wie schon einmal bemerkt) eine Längenvergrößerung fast nur auf den Hauptteil beschränkt. Auf die Spinndrüsen folgen die Mandibulardrüsen, während die Malpighischen Gefäße verhältnismäßig konstant sind.

Bei großen, langen Raupen ist der Mitteldarm oft verhältnismäßig stärker als Vorder- und Hinterdarm, welche somit relativ kürzer bleiben als bei kleineren (erwachsenen) Raupen.

Auch unter den Raupenfamilien ragen die Schwärmer als besonders einheitliche und ausgeprägte Gruppe und die Spinner als ihr Gegenpol in dieser Hinsicht hervor.

Im einzelnen ist bei den Raupen im Hinblick auf die Darmteillängen folgendes zu ersehen (siehe auch Abb. 21):

Tagfalter: Darmkanal normal (= seine drei Abschnitte stehen in einem mittleren Längenverhältnis zueinander); Spinndrüsen klein, Mandibulardrüsen klein (bis mittel); Malpighische Gefäße mittel.

Schwärmer: Darmkanal normal; Spinndrüsen mittel bis lang, Mandibulardrüsen mittel; Malpighische Gefäße mittel bis lang.

Spinner: Besonders Vorderdarm und Mitteldarm schwanken öfters beträchtlich in ihrem gegenseitigen Längenverhältnis; Spinndrüsen mittel bis außerordentlich lang, Mandibulardrüsen klein bis mittel; Malpighische Gefäße kurz bis lang.

Eulen: Mitteldarm oder Vorderdarm manchmal länger als normal; Spinndrüsen mittel, Mandibulardrüsen mittel bis klein; Malpighische Gefäße mittel bis lang.

Spanner: Darmkanal fast stets normal. Spinndrüsen mittel, Mandibulardrüsen klein; Malpighische Gefäße kurz bis mittel.

Bären: Darmkanal normal; Spinndrüsen und Mandibulardrüsen mittel; Malpighische Gefäße kurz bis mittel.

Holzbohrer: Vorderdarm oder Hinterdarm öfters länger als normal; Spinndrüsen mittel, Mandibulardrüsen lang bis sehr lang; Malpighische Gefäße kurz bis mittel.

Tabelle 2.

Verhältnis der Rüssellänge zur Darm- und Körperlänge.
(Näherungswerte.)

Familie	Rüssellänge (R) : Darmlänge (D)		Rüssellänge (R) : Körperlänge K)	
	Im einzelnen	Im Mittel	Im einzelnen	Im Mittel
Rhopaloceren	0,35—1,20	0,75	0,40—1.20	0,75
Sphingiden	0,35—0,40	0,50	0,60—0,90	0,80
Noctuiden	0,25—0,40	0,35	0,30—0,65	0,50
Zygaeniden	ca. 0,40	0,35	ca. 0,50	0,50
Geometriden	0,00—0,35	0,20	0,00—0,40	0.20
Bombyciden	0,00—0,10	0,00	0,00—0,10	0,00
Arctiiden	0,00—0,10	0,00	0,00—0,10	0,00
Im Extrem für alle Familien	R ≅ 0,0—1,2 D	—	R ≅ 0,0—1,2 K	—

Darmausbildung und Nahrung.

I. Darm und Mundteile bezw. Nahrungsaufnahme.

a) Bei den Faltern (siehe zeichnerische Zusammenstellung [Abb. 22] sowie Tabelle 2) ist die Vollkommenheit der Rüsselausbildung das äußere Zeichen, ob überhaupt eine Nahrungsaufnahme stattfindet oder nicht.

Ob nun aber ein funktionsfähiger Rüssel lang oder kurz ist, wird von der Art der Nahrungsquellen (Blüten, Honig [Totenkopf!] usw.) sowie des Verhaltens der Falter beim Saugen (ob dies sitzend oder schwebend geschieht) so wesentlich mit bestimmt, daß es nicht möglich erscheint, eindeutige Schlüsse aus einem verschiedenen Verhältnis von Rüssellänge zur Gesamtdarmlänge zu ziehen. Ein Vergleich von Rüssellänge und Körperlänge ist wegen des wechselnden Verhältnisses der letzteren zur Gesamtdarmlänge dafür ebenfalls nicht zweckmäßig.

Es genügt hier also vollständig, zu untersuchen, ob das Vorhandensein oder das Fehlen der Nahrungsaufnahme einen sichtbaren Einfluß auf die Darmgestaltung der Falter ausübt. Unter diesem Gesichtspunkt lassen sich ausscheiden:

1. Falter mit vollkommener Nahrungsaufnahme (Rüssel mittel- bis sehr lang): Tagfalter, Schwärmer, Eulen, Zygänen, ein Teil der Spanner: Der ganze Darm ist lang bis sehr lang, seine Einzelteile und Anhänge sind wohl entwickelt (besonders Speicheldrüsen [und an diesen die Ausspritzverdickung], Hinterdarm, Vormagen; Magen zum Teil mit Drüsen); Ausnahmen sind dabei selten.

2. Falter ohne Nahrungsaufnahme (Rüssel fehlend [nur rudimentär vorhanden] oder klein, verkümmert): Spinner, Bären, der andere Teil der Spanner: Der ganze Darm ist meist kurz, seine Einzelteile und Anhänge sind schwach entwickelt. Wohlausgebildete Formen finden sich nur als Ausnahme oder bei Funktionswechsel einzelner Teile (z. B. Vormagen).

Die Spanner nehmen hiernach an beiden Gruppen teil und stehen nach ihrer Darmgestaltung zusammengenommen auch dazwischen.

So ist als allgemeines Ergebnis zu buchen, daß eine durch einen funktionsfähigen Rüssel ermöglichte Nahrungsaufnahme einen wohlausgebildeten, meist über körperlangen Darm zur Folge hat, während mit einem verkümmerten Rüssel, der keine Nahrungsaufnahme zuläßt, eine ungefähr nur körperlanger, im ganzen wie im einzelnen erheblich schwächer entwickelter Darm verbunden ist.

b) Bei den Raupen könnte man annehmen, daß verschieden vollkommen ausgebildete Mundteile (besonders Mandibeln) die oft sehr verschiedenartige Nahrung verschieden gut bearbeiten und dem Darm somit eine bei den entsprechenden Arten wechselnde Aufgabe zuweisen, was sich in der Ausformung seiner Teile auswirken könnte.

Das ist aber nun kaum der Fall; es sind denn auch die Mundwerkzeuge überall gut ausgebildet (wie auch Engel angibt). Bei den Holzbohrern, welche mit besonders starken Mandibeln ausgestattet sind und dazu Sondereinrichtungen in der Darmgestaltung aufweisen, sind diese zum wenigsten auf das Konto der Mundwerkzeuge zu setzen, sondern vielmehr auf das der Nahrungsart direkt, welche ja auch ihrerseits die Aus-

bildung der Mundteile beeinflußt (näheres siehe unter III, Ziffer b 3, sowie S. 233).

Somit zeigt sich bei den Raupen kaum ein deutlicher Zusammenhang zwischen Ausbildung der Mundteile und Ausformung des Darmes. Kleine vielleicht vorhandene Korrelationen lassen sich nicht eindeutig genug festlegen.

II. Mit den Beziehungen der Nahrungsaufnahme zur Darmform hängt die Frage nach einem Einfluß der Darmbeanspruchung auf die Darmgestaltung eng zusammen. Eine solche besteht offensichtlich und geht teilweise bereits aus dem vorstehend Ausgeführten hervor.

Allgemein braucht hier nur kurz hingewiesen zu werden auf den verhältnismäßig wenig umfangreichen Darmkanal der Falter, welche, wenn sie überhaupt Nahrung aufnehmen, nur ihre verbrauchten Kräfte zu ersetzen haben, und auf den voluminösen Darm der Raupen, die neben dem Ersatz ihres Kräfteverbrauches noch aufbauen und Vorrat schaffen müssen. Diese Tatsache findet in der Literatur bei Deegener und Jordan Erwähnung; der letztere nennt das Verhältnis der Darmlänge zur Körperlänge einen guten Maßstab für die Beanspruchung und Leistung des Darmes (siehe auch Tabelle 1 und Abb. 22). Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß geringe Länge durch größeren Umfang ausgeglichen werden kann und umgekehrt (Raupen bezw Falter).

Das gleiche gilt für Darmeinzelteile (Magen, Vormagen, Hinterdarm der Falter, Vorder- und Mitteldarm der Raupen als Beispiel), welche dazu noch innerhalb der Gesamtdarmlänge je nach ihrer Beanspruchung ihre gegenseitige Länge wechseln können.

Nichtgebrauch hat meist eine Rückbildung zur Folge; dies offenbaren deutlich die Falter ohne Nahrungsaufnahme. Eine solche Rückbildung kann den ganzen Darm oder aber auch nur einzelne Teile erfassen und dabei verschieden stark sein. Es kommen aber auch Fälle vor, bei welchen trotz fehlender Beanspruchung der ganze Darm wohlentwickelt ist (besonders bei den Saturniden). Ein Zurücktreten eines Darmteiles kann durch einen Funktionswechsel verhindert oder wieder rückgängig gemacht werden: Der Vormagen von Faltern ohne Nahrungsaufnahme ist so meist durch Füllung mit Luft als aerostatisches Organ wohl ausgebildet erhalten geblieben, worauf schon Petersen hingewiesen hat.

Doppelte Beanspruchung verursacht eine besonders starke Entwicklung, wie der sehr große, als Nahrungsbehälter und Flughilfeorgan dienende Vormagen der schweren und viel fliegenden Schwärmer zeigt. Es spielen hier somit auch Lebensweise und Bau der Falter (z. B. ob schlechte oder gute Flieger, ob schwer oder leicht) mit herein. Es zeigt sich auch, daß die Art der Beanspruchung für die Ausbildung des betreffenden Teiles gleichgültig sein kann (z. B. Vormagen: Luft-Nahrung).

Die Größe und Ausbildung der Mandibulardrüsen der Raupen

wird auch mit dem Grad ihrer Beanspruchung zusammenhängen, besonders bei den Holzbohrern.

Sicher ist dies der Fall bei den Labialdrüsen: Bei den nahrungsaufnehmenden Faltern sind die Speicheldrüsen stets gut bis sehr stark (dazu oft noch mit kräftiger Ausspritzverdickung), bei solchen ohne

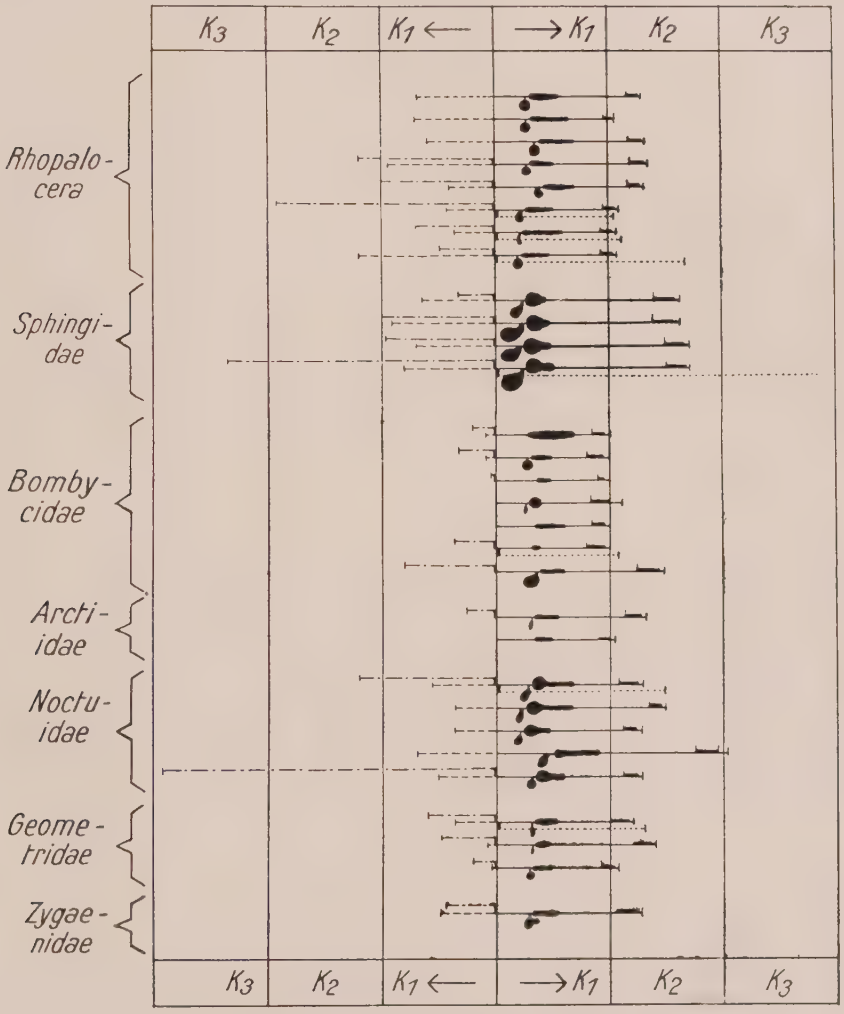


Abb. 22. Relative Größenverhältnisse des Falterdarms.

Für die Körperlänge ist eine beliebige, konstante Strecke angenommen, auf welche von einer Anzahl ausgewählter Falterarten die Längen des Gesamtdarmes, seiner Teile und Anhänge sowie auch des Saugrüssels von nach der Natur gemessenen (absoluten) Größen reduziert sind. Die Konstante ist von einer gemeinsamen Mittellinie aus je 3 mal nach beiden Seiten genommen (K_1, K_2, K_3); in diesen Raum sind die Darmkanäle unter Streckung gewundener Teile eingezeichnet. Der Darmtraktus selbst (ausgezogen gezeichnet) sowie z. T. auch die Malpighischen Gefäße (·····) sind dabei nach rechts, die Speicheldrüsen (—·—·—) sowie der Rüssel (- - - -) nach links aufgetragen.

(Eine ähnliche Darstellung des Raupendarms ist wegen dessen Einheitlichkeit überflüssig.)

Nahrungsaufnahme dagegen im allgemeinen schwach bis sehr schwach ausgebildet.

Bei den Raupen gehen Spinntätigkeit, also Drüsenbeanspruchung und Drüsenentwicklung deutlichst Hand in Hand. So finden wir, woran hier erinnert sei, die stärksten und längsten Drüsen bei den Spinnern, die geringst entwickelten bei den Tagfaltern; die übrigen Familien rangieren entsprechend. Aber auch innerhalb der Spinner zeigt sich das gleiche: Die Seidenspinner haben die allerlängsten Drüsen (*Anth. yamamay* nach Packard bis 60 cm), die wenig spinnenden (z. B. die Nonne) nur mäßig entwickelte. Bei stärkeren Leistungsanforderungen wächst fast nur der erzeugende und aufbewahrende, also beanspruchte Teil der Drüsen, und zwar in die Länge oder (und) in die Breite. Die Spinndrüsen erreichen ihre volle Entwicklung weiterhin erst dann, wenn sie gebraucht werden, also kurz vor dem Einspinnen; nach Helm bilden sie sich darnach sofort wieder zurück. Raupen, welche schon in jüngeren Stadien öfters von ihrem Spinnvermögen Gebrauch machen, sollen auch dann schon entsprechend ausgebildete Drüsen besitzen.

Es erfolgt somit im ganzen eine deutliche Reaktion der Darmausbildung auf eine verschieden starke Beanspruchung; davon sind sowohl Gesamtdarm als auch Darmteile und sogar deren Unterabschnitte betroffen.

III. Darm und Nahrungsart.

a) Bei den Faltern sind keine deutlichen Beziehungen zwischen der Darmausformung und der Art der Nahrung zu erkennen. Dies ist aber bei deren geringer Unterschiedlichkeit hinsichtlich Zusammensetzung und Konsistenz auch nicht verwunderlich. Vielleicht läßt sich die bei *Vanessa*- und *Pyrameis*-Arten oft auftretende Drüsigkeit des Magens mit der Gewohnheit dieser Arten, an Baumsäften usw. zu saugen, in Zusammenhang bringen. Auch am Darm des Totenkopfes (*A. atropos* L.) zeigt sich keine äußere Anpassungserscheinung an die besondere Art seiner (Haupt-) Nahrung, den Honig.

b) Bei den Raupen läßt die große Verschiedenheit in Aufbau und Konsistenz der Nahrung stärkere äußere Anpassungserscheinungen des Darmes vermuten. Bei einer Nachschau findet man:

1. Verschiedenartige Blattnahrung erzeugt keinen deutlichen Einfluß auf die Darmgestaltung, mögen es nun harte oder weiche Blätter der gleichen Pflanzenart oder Gras, Kraut, Laub oder Nadeln sein. Nur bei einigen monophagen Nadelfressern (*D. pini* L., *P. flammea* Schiff.) fand ich einen längeren Vorderdarm (dadurch vielleicht bessere Vorbereitung, Erweichung der harten Bissen).

2. (Weiche) Wurzeln, Mark usw.: Eulenraupen mit derartiger Nahrung können etwas stärker entwickelte Mandibulardrüsen aufweisen. Doch ist diese Beziehung nicht klar.

3. Holznahrung drückt sich allein deutlich und sicher aus: Weniger zwar am Darmkanal selbst, bei welchem lediglich der Vorderdarm etwas länger sein kann (Parallele zu den Nadelfressern), stark bis sehr stark dagegen an den bei den Holzbohrern am stärksten und teilweise auch in besonderer Form ausgebildeten Mandibulardrüsen.

Außerdem sind bei einigen Holzbohrern auch noch die geschilderten zusätzlichen Schlunddrüsen festzustellen.

(Das Sekret der Mandibulardrüsen hat, wie schon weiter oben erwähnt, wahrscheinlich eine mechanische Aufgabe; bei *Cossus* ist dies als sicher anzunehmen.)

4. Teilweise tierische Kost (Mordraupen): An den untersuchten Raupen war keine Besonderheit festzustellen. Die genannte Nahrungsart kommt ja auch nur gelegentlich in Frage.

5. Wachs: Die Wachsmottenraupe (*G. mellonella*) besitzt sehr lange, dünne Mandibulardrüsen und einen reichlich mit Warzendrüsen usw. besetzten Mitteldarm; nach Deegener verfügt sie auch über einen Proventriculus (was ich bestätigen zu können glaube).

6. Wolle, Horn, Faserstoffe usw.: Die Kleidermottenraupe läßt äußerlich keine besondere Ausbildung erkennen; die Mandibulardrüsen sind anscheinend sogar gering entwickelt.

Es tritt also bei den Raupen ein mäßiger Einfluß der Nahrungsart auf die Darmausformung in Erscheinung. Er ist aber nur bei Holz-, ferner auch bei Wachs- (und vielleicht auch bei Nadel-)Nahrung deutlich erkennbar; dabei ist bemerkenswert, daß hierbei nur primitive Lepidopteren, nämlich Kleinschmetterlinge und die ihnen nahestehenden Holzbohrer, anzutreffen sind. Somit bewirkt nur eine sehr abweichende und einseitige Nahrungsart eine besondere Anpassung des Darmes, während Polyphagie einer solchen naturgemäß entgegenwirkt. Geringere und weniger deutliche Beziehungen, welche wohl vorhanden sind, können nicht ohne weiteres von Wirkungen anderer Faktoren getrennt werden.

Engel fand ähnliches hinsichtlich des Zusammenhanges von Nahrungsart und Ausbildung der Mundwerkzeuge und betont dabei die Berechtigung der Zusammenfassung der Holzbohrer zu einer Gruppe.

Auf den allgemeinen großen Unterschied in der Nahrungsart von Faltern und Raupen und die durch ihn verursachte grundsätzlich verschiedene Darmgestaltung braucht wohl nicht besonders hingewiesen zu werden. Es ist dabei aber bemerkenswert, daß der Faltermitteldarm trotz der recht gleichartigen Nahrung so sehr verschieden geformt ist, während der Raupenmitteldarm, welcher verschiedenartige Nahrung zu bewältigen hat, demgegenüber recht gleichartig ausgebildet erscheint. —

Über die Reaktion des Darmes auf die betrachteten Einflüsse kann abschließend gesagt werden, daß in der Hauptsache Nahrungsart und Nahrungsmenge die Art und Stärke der Darmausbildung bestimmen und variieren. Die einzelnen Einflüsse aber genau zu isolieren, ist insofern wahrscheinlich ganz unmöglich, als sie sich gegenseitig teils verstärken, teils aufheben, teils überdecken und als auch Einflüsse ganz anderer Art sich in gleicher Weise bemerkbar machen können.

Gegenseitige Stellung und verwandtschaftliche Beziehungen der Familien sowie ihr Verhältnis zur Systematik im Hinblick auf die Darmgestaltung.

Aus den verschiedenen bisher gebrachten Hauptfamiliencharakterisierungen (nach Darmformen, Größenverhältnissen, Nahrungseinflüssen usw.) — für welche auch die Abb. 20 bis 22 als unterstützendes Anschauungsmaterial dienen mögen — geht hervor:

a) Hinsichtlich der Einheitlichkeit der Darmausformung stellen bei den Faltern wie auch bei den Raupen die Schwärmer die in sich am meisten geschlossene als auch gegen die übrigen Familien am besten abgegrenzte Gruppe dar, während die Spinner in jeder Hinsicht das Gegenteil davon bilden. Zwischen beide schalten sich die weiteren Familien in der Reihenfolge (Schwärmer) — Eulen — Zygänen — Tagfalter — Spanner — Bären — (Spinner) ein.

b) Stellt man die Familien unter dem Gesichtspunkt der Ähnlichkeit ihrer Darmausformung zusammen, so kommen nacheinander die Schwärmer, Eulen, Tagfalter, Spanner, Zygänen, Bären und Spinner bei den Faltern; die Schwärmer, ein kleiner Teil der Spinner (Saturniden), die Eulen, Tagfalter, der übrige Teil der Spinner, die Bären, Spanner und Holzbohrer bei den Raupen.

c) Nach dem Entwicklungsgrad, der Ausbildungsstufe des Darmes stellt sich die Reihenfolge folgendermaßen dar: Schwärmer — Eulen — Tagfalter (höhere Gruppe — niedrigere Gruppe) — Zygänen — Spanner — Bären — Spinner bei den Faltern; Schwärmer — kleinerer, höher entwickelter Teil der Spinner (Saturniden) — Eulen — Tagfalter — übriger Teil der Spinner — Spanner — Bären — Holzbohrer bei den Raupen.

Die Unterschiede zwischen den obigen Falter- und Raupenreihen lassen Zweifel darüber aufkommen, wo nun der richtige Platz der betreffenden Familie zu suchen sei. Bei einer Beurteilung muß man von vornherein die bei Faltern und Raupen verschiedenen Einflüsse von Nahrungsart und -menge usw., Konvergenzerscheinungen und Zwischenformen berücksichtigen und auch die verschiedenen Reihen miteinander vergleichen. Dann kann man den Satz, daß die Einzelentwicklung der Stammesentwicklung entspricht (Petersen), auch auf die Familien ausdehnen (Reihe des Entwicklungsgrades). Dabei ist zu beachten, daß einerseits eine einfache Ausbildung nicht primitiv zu sein braucht, sondern sogar eine Spezialisierung ausdrücken kann (Escherich), andrerseits aber beispielsweise eine besonders starke Beanspruchung dem Darm das Aussehen einer höheren Entwicklungsstufe verleihen kann als sie der betreffenden Familie wirklich zukommt (hier vermag die Reihenfolge nach der Ähnlichkeit vielleicht manchen Zweifeln zu milden). Petersen vergleicht zur Feststellung der Höhe der (phylogenetischen) Entwicklungsstufe bei den Faltern Saugrüssel- und Vormagenausbildung. Die von ihm hierbei als allgemein gültig aufgestellten Korrelationen brauchen nach meinen Beobachtungen aber durchaus nicht zuzutreffen.

Unter all diesen Gesichtspunkten kann man nun z. B. für die Spinner feststellen, daß sie nicht ursprünglich primitiv, sondern erst nachträglich vereinfacht sind, wobei sie in einzelne verschieden hoch stehende Gruppen aufgespalten erscheinen.

Anders dagegen die Holzbohrer: Diese sind ursprünglich primitiv (worauf z. B. auch die Form der Mandibulardrüsen von *Cossus cossus* L. hinweist) und stehen den sogenannten Kleinschmetterlingen nahe, mit welchen sie auch die ziemlich geraden und mit sehr langen Basalstücken versehenen Malpighischen Gefäße gemeinsam haben.

Alles in allem kann man so die oben stehenden verschiedenen Reihenfolgen korrigieren und sich nachstehendes ungefähre Bild der allgemeinen

Zusammengehörigkeit der Familien nach ihrem Darmbau machen:

Am Anfang stehen die Schwärmer und Eulen nebeneinander, dann kommen die Tagfalter; deren einfacherer, zweiten Gruppe stehen die Spanner sowie auch die Zygänen nahe. Die Spinner müssen in mindestens zwei Gruppen aufgeteilt werden, deren höhere den Schwärmern und Eulen anzugliedern ist, während sich an die niedrigere die Bären anschließen. Den Abschluß bilden die Holzbohrer.

Von dieser gegenseitigen Stellung der Familien bezw. ihrer Untergruppen nun ohne weiteres auf eine dementsprechende wirkliche Verwandtschaft schließen zu wollen, wäre abwegig; denn diese kann sich wohl im Darm zeigen, muß es aber nicht; zudem wirken die geschilderten verschiedenartigen Einflüsse verschleiernd mit herein. Dagegen bietet die Berücksichtigung des Darmbaues neben anderen Merkmalen wohl ein Mittel, Hinweise auf die Verwandtschaft zu erhalten und Zweifel hinsichtlich der Einreihung der Familien in das System zu mildern oder zu beseitigen.

Zusammenstellung der Hauptergebnisse.

A. Spezieller Teil.

I. Falter.

1. Vorderdarm: Ein allseitiger Kropf ist nicht häufig, dagegen fehlt ein einseitiger Vormagen selten; dessen Verbindung mit dem Oesophagus ist verschiedenartig (breite und schmale Basis, Stiel).
2. Mitteldarm: Es sind fünf Grundformen festzustellen: Länglich-schlauchförmig, spindelförmig (birnförmig), rund, rund mit kurzem Schlauchfortsatz (Schwärmer) und lang mit rundem Anfangsteil — kochlöffelförmig — (Eulen). In mehreren Fällen (besonders bei Tagfaltern) kommen verschieden gestaltete Drüsenauswüchse vor.
3. Hinterdarm: Ein Colon fehlt. Die Coecalerweiterung besitzt meistens einen, sehr selten zwei und öfters überhaupt keinen Blindsack. Die Rektaldrüsen sind manchmal als kugelig-erhabene Bläschen ausgebildet.
4. Malpighische Gefäße: Die äußere Mündung der Basalteile erfolgt manchmal an den Mitteldarm, meist aber an dem Hinterdarm; die Verbindung mit dem Darmlumen erfolgt aber stets im Hinterdarm (dabei wohl kaum vor dem Pylorialsphinkter). Eine Harnblase tritt nicht oft auf. Die Gefäßschläuche sind nur selten warzig; bei Schwärmern finden sich auch lange Fiederäste.
5. Speicheldrüsen: Am distalen Ende findet sich öfters eine starke keulenförmige Erweiterung (Schwärmer). Selten beginnt der proximale Teil blasenförmig (Zygänen). Vor der Vereinigung der beiden Drüsenschläuche ist des öfteren eine ziemliche Verstärkung derselben („Ausspritzverdickung") zu bemerken.

II. Raupen.

1. Vorderdarm: Ein Proventrikulus kommt normalerweise nicht vor.
2. Mitteldarm: Es sind verschiedentlich wechselvoll gestaltete Drüsengebilde vorhanden. Die Grundform des Mitteldarms ist immer einheitlich schlauchförmig.
3. Hinterdarm: Ein Colon ist ebenfalls nicht vorhanden. Der Dünndarm kann eine bis drei eiförmige Kammern aufweisen, deren Ausbildung teils eine Struktur- teils eine Zustandserscheinung darstellt. Das Rektum wiederholt im großen den Bau einer solchen Kammer. Der Pylorialabschnitt ist stets deutlich entwickelt und zerfällt in einen „Vorhof" und den sich daran anschließenden Pylorialsphinkter.
4. Spinndrüsen: Es gibt zwei- und dreiteilige Formen; hinsichtlich der Windungsart lassen sich verschiedene Grundformen (einfach, doppelt, mehrmals und vielfach gewunden) ausscheiden.
5. Mandibulardrüsen: Die Stärke der Drüsenschläuche verändert sich während ihres Verlaufes in manchen Fällen: So entstehen Drüsen mit verstärktem End- oder Anfangsteil. Bei Holzbohrern finden sich bandartige Formen von meist beträchtlicher Länge.
6. Schlunddrüsen: Bei einigen Holzbohrern waren noch weitere paarige kürzere tubulöse Drüsen, welche in den Pharynx münden, festzustellen. Sie wären als Schlunddrüsen zu bezeichnen.
7. Malpighische Gefäße: Die Mündung des meist als Blase ausgebildeten Basalteiles erfolgt stets an und in den Hinterdarmbeginn (meist Pylorus). Die Gefäßschläuche sind oft warzig; Fiederigkeit ist wie bei den Faltern nur selten (bei Schwärmern) zu finden. Die Gefäße gehen unter Verringerung ihrer Stärke und in zahlreiche enge Windungen gelegt eine enge Verbindung mit der Wand des Rektums ein; sie verlaufen dabei unter dessen Tunica propria selbständig bleibend und ringsherum (radial) verteilt bis zu seinem Ende.

B. Allgemeiner Teil.

1. Die Falter besitzen einen sehr verschiedenartig, die Raupen einen verhältnismäßig einheitlich ausgeformten Darmkanal; die Anhänge sind jedoch bei beiden sehr variabel.
2. Einem einfach gebauten bezw. höher entwickeltem Raupendarm steht im allgemeinen auch ein ebensolcher Falterdarm bei der gleichen Art oder Familie gegenüber, wenn auch bei der einzelnen Art das Gegenteil nicht selten zu bemerken ist.
3. Die Entwicklungsstadien der Raupe machen sich äußerlich nur bei den Spinndrüsen klar und eindeutig bemerkbar.
4. Die Länge des Gesamtdarmes und seiner Teile ist bei den Faltern sehr wechselnd; bei den Raupen ist der Gesamtdarm stets körperlang,

seine Teile sind in ihren Längenschwankungen etwas konstanter. Die beiderseitigen Darmanhänge entsprechen sich hierin ungefähr.

5. Art und Menge der Nahrung sowie Stärke der Beanspruchung beeinflussen die Ausgestaltung und Entwicklungsstärke des Darmes teilweise wesentlich: Nahrungsaufnahme hat stets einen wohlentwickelten Darm zur Folge, während Nichtgebrauch infolge fehlender Nahrungsaufnahme (z. B. Spinner-Falter) meist zu Rückbildung führt, wenn diese nicht durch Funktionswechsel teilweise aufgehalten wird (z. B. Vormagen). Hinsichtlich der Nahrungsart zeigt bei den Raupen nur Holznahrung, daneben auch Wachs- und vielleicht auch Nadel-Nahrung einen deutlich erkennbaren Einfluß auf die Gestalt einiger Darmteile.
6. Von den Familien sind die Schwärmer (in geringerem Maße auch die Eulen) die nach ihrer Darmgestaltung einheitlichste, eigenartigste und äußerlich vollendetste Familie; ihr Gegenteil sind in allem die Spinner. Die übrigen Familien stehen zwischen beiden; Tagfalter und Spanner zerfallen noch in je eine einfacher gebaute und höher entwickelte Untergruppe.

Literatur.

Berge-Rebel, Schmetterlingsbuch, 9. Aufl. (Stuttgart 1910).

Berlese, A., Gli Insetti (Mailand 1909).

Blanc, L., Etudes sur la sécrétion de la soie et la structure de brin et de bave dans B. mori (Lyon 1889) Auszug davon in: Bericht der zoolog. Station Neapel für 1890.

Bordas, L., Sur l'appareil digestif de quelques Lépidoptères (C. R. Soc. Biol. Paris, Tome 54, 1902).

— — Le tube digestif de la nymphe d'*Acherontia atropos* L. (C. R. Soc. Biol., T. 54, 1902).

— — L'appareil digestif de l'*Arctia caja* L. (Lep.) (C. R. Soc. Biol. Paris, T. 55, 1903).

— — L'appareil digestif des larves d'Arctiidae *(Spilisoma fuliginosa)* (C. R. Soc. Biol. Paris, T. 56, 1904).

— — L'appareil digestif et les tubes de Malphigi des larves de Lépidoptères (Ann. Sc. nat. [9] — C. R. Acad. Sc. Paris 1911).

— — Les glandes salivaires de la nymphe de *Sphinx convolvuli* L. (Réun. Biol. de Marseille, Déc. 1902. — R. Soc. Biol. Paris, T. 55, 1903).

— — Sur les glandes mandibulaires de quelque larves de Lépidoptères — (C. R. Soc. Biol. Paris, T. 57, 1904).

— — Les glandes mandibulaires de larves de Lepidoptères. (C. R. Acad. Sc. Paris, T. 136, 1903).

— — Glandes mandibulaires et glandes labiales de *Cossus ligniperda* Fabr. (C. R. Soc. Biol. Paris, T. 54, 1902).

— — Les glandes céphaliques (glandes sericigènes et glandes mandibulaires) des chénilles de Lépidoptères (Ann. d. Sc. Nat. Zool. Paris, T. 10, 1909).

— — Morphologie et structure histologique de l'appareil digestif des larves des Lépidoptères (C. R. Acad. Sc. Paris 1911, Bd. 152).

Brandt, Über die Anatomie von *Hepialus humuli* (Zool. Anz. 3, 1880).

— — Über die Anatomie von *Sesia tipuliformis* und *Trochilium apiforme* (Hor. Soc. Ent. 1889 — Nat. Hist. 6, ser. 6).

Cholodkowsky, N., Sur les vaisseaux de Malpighi chez les Lépidoptères (C. R. Acad. Sc. Paris, T. 99, 1884).
— — Sur la morphologie de l'appareil urinaire des Lépidoptères (Arch. Biol. Vol. 6 — C. R. Acad. Sc. Paris, V 99, 1884).
Chun, Über den Bau, die Entwicklung und physiologische Bedeutung der Rektaldrüsen der Insekten (Frankfurt a. M., Abh. der Senkenberg. Naturf. Gesellsch. Bd. 10, 1875).
Deegener, P., „Der Darmtraktus und seine Anhänge" in Schröder, Handbuch der Entomologie (1. Bd., Jena 1928).
— — Die Entwicklung des Darmkanals der Insekten während der Metamorphose, Teil 2: *Malacosoma castrense* L. (Zool. Jahrbuch Abt. Anat. 26. Bd., 1908).
Eckstein, Karl, Die Schmetterlinge Deutschlands (Stuttgart 1913—1923).
Engel, H., Vergleichende morphologische Studien über die Mundgliedmaßen von Schmetterlingsraupen (Zeitschr. f. Morph. u. Ökol. der Tiere Bd. 9, 1927).
Engelmann, W., Zur Anatomie und Physiologie der Spinndrüsen der Seidenraupe. (Onderz. Phys. Lab. Utrecht [3] 5. Deel, 1880).
Escherich, K., Die Forstinsekten Mitteleuropas, ein Lehr- und Handbuch, Bd. 1 u. 3, (Berlin 1914 bezw. 1931).
Fausseck, Beiträge zur Histologie des Darmkanals der Insekten. (Zeitschr. f. wiss Zool. Bd. 40 — Zool. Anz. Bd. 10, 1887.)
Frenzel, J., Einiges über den Mitteldarm der Insekten sowie über Epithel-Regeneration (Arch. f. mikr. Anat. Bd. 26—28, 1885—1886).
Gilson, G., Recherches sur les cellules sécrétantes; La soie et les appareils séricigènes: I. Lépidoptères (La Cellule 1890, 6. Bd.), II. Lep., Trichoptères (La Cellule Bd. 10, 1894).
v. Graber, Die Insekten (München 1877).
Helm, F. E., Anatomisch-histologische Darstellung der Spinndrüsen der Schmetterlingsraupen (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 26, 1876).
Henseval, M., Les glandes à essence du *Cossus ligniperda* (La Cellule, T. 12, 1. fasc., 1897).
Hering, M., Biologie der Schmetterlinge (Berlin 1926).
Imms, A. D., A General Textbook of Entomology (London 1924).
Jordan, H., Vergleichende Physiologie wirbelloser Tiere (Jena 1913).
Kirbach, Über die Mundwerkzeuge der Schmetterlinge. (Zool. Anz. 1883).
Kolbe, H. J., Einführung in die Kenntnis der Insekten (Berlin 1899).
Knüppel, A., Über Speicheldrüsen von Insekten (Entom. Nachr. 13. Jahrg. — Arch. f. Naturgesch., 52).
Lampert, K., Die Großschmetterlinge und Raupen Mitteleuropas (Eßlingen und München 1907).
Lang, A., Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der wirbellosen Tiere II (Arthopoden) (Jena 1921).
v. Lidth de Jeude, Th. W., Zur Anatomie und Physiologie der Spinndrüsen der Seidenraupe (Zool. Anz. 1878).
Malpighi, M., Dissertatio de Bombyce (London 1669).
Marcus, B. A., Untersuchungen über die Malpighischen Gefäße bei Käfern (Zeitschr. f. Morph. u. Ökol. der Tiere Bd. 19, 1930).
Metalnikoff, Recherches expérimentales sur les chenilles de *Galleria mellonella* (Larva) (Arch. Zool. Exp., T. 8, 1908).
— — Beiträge zur Kenntnis der Anatomie der Raupe von *Galleria mellonella* (Zool. Anz. 1903, Bd. 26).
Nüßlin-Rhumbler, Forstinsektenkunde (Berlin 1927).
Petersen, W., Beiträge zur Morphologie der Lepidopteren (Mém. de l'Acad. imp. d. Sci. de St. Petersbourg, Serie 8, Bd. 9, Nr. 6, 1899).
Packard, A. S., A Textbook of Entomology (New York 1898).
Rösel von Rosenhof, A. J., Insektenbelustigungen, 3. Teil (Nürnberg 1755).

Ripper, W., Zur Frage des Zellulose-Abbaues bei der Holzverdauung xylophager Insektenlarven (Zeitschr. f. vergl. Phys., Abt. C, Bd. 13, 1930).
Schindler, E., Beiträge zur Kenntnis der Malpighischen Gefäße der Insekten. (Z. Zool. Bd. 30, 1878).
Schröder, Handbuch der Entomologie, 1. Bd. (Jena 1928).
Schwartze, E., Zur Kenntnis der Darmentwicklung bei Lepidopteren (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 66, 1899).
Sharp, D., und Sinclair, Insects (London 1899).
Spuler, Die Schmetterlinge Europas (Stuttgart 1908).
Venetiani, A., Valore morfologico e fisiologico dei Tubi Malpighiani (Redia 2, 1904).
Verson, E., Zur Entwicklung des Verdauungskanals bei *B. mori* L. (Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 82, 1905).
Wolff, M., und Krausse, A., Die forstlichen Lepidopteren (Jena 1922).

Ein ernster Angriff von Lyda arvensis Panz.

Von

Prof. Dr. **J. E. V. Boas** (Kopenhagen).

(Mit 13 Abbildungen.)

In Dänemark hat vor kurzem durch die Blattwespe *Lyda arvensis* Panz. ein ansehnlicher und in seinen Folgeerscheinungen bedeutungsvoller Angriff stattgefunden, den ich in mehreren Abhandlungen in dänischer Sprache in Dansk Skovforenings Tidsskrift, Jahrg. 1930, 31 u. 32 behandelt habe, der aber, wie es mir scheint, verdient auch in weiteren Kreisen bekannt zu werden, weshalb ich im folgenden eine Übersicht über denselben ausgearbeitet habe.

Bekanntlich finden sich in Europa zwei *Lyda*-Arten, die der Fichte durch Nadelfraß schädlich sein können, nämlich *L. hypotrophica* Htg. und *arvensis* Panz. Von diesen hat nur die hypotrophica in Deutschland fühlbaren Schaden gestiftet, wenn auch beide Arten vorhanden sind. Der Schaden, den das Insekt anrichten kann, wird übrigens in der Regel kein verheerender sein, weil der Fraß erst recht spät im Jahre stattfindet und die Nadeln der Jahrestriebe meist geschont, nur die vorjährigen und älteren gefressen werden. Dasselbe wird auch für arvensis angegeben.

In Dänemark haben wir ebenso wie in Deutschland beide genannten Lydaarten, aber *L. hypotrophica* ist niemals in größerer Anzahl und schädlich aufgetreten. Dagegen haben wir schon vor vielen Jahren, um das Jahr 1870, einen größeren Angriff von *L. arvensis* gehabt in dem Domänendistrikt Palsgaard, westlich von der Stadt Horsens. Seitdem haben wir keinen Angriff von diesem Insekt gehabt, bis 1929 dasselbe in ungeheurer Menge in der Kelstrup-Plantage aufgetreten ist.

Zunächst teile ich etwas über den betreffenden Wald mit. Die Plantage liegt in Nordschleswig nur wenige Kilometer nördlich der Grenze; sie gehört zu dem Graasten Domänendistrikt. Die Plantage umfaßt 330 ha, wovon gegen $^2/_3$ Fichtenwald ist und zwar ausgezeichneter meist 30—80jähriger Wald, der unter der früheren, deutschen Verwaltung in etwas anderer Weise behandelt worden ist als es in Dänemark üblich ist, indem die

Durchforstung schwach gewesen ist, so daß die Anzahl der vorhandenen Bäume eine sehr große ist, was einen schwachen Zuwachs des einzelnen Baumes, aber auch eine ausgezeichnete, fast zylindrische Stammform mit sich geführt hat, aber gleichzeitig eine sehr kleine Krone. In diesem Wald ist es also, wo der Lyda-Angriff stattgefunden hat.

Die Larven wurden zum erstenmal 1927 an einer begrenzten Stelle an 60jährigen Fichten getroffen; 1928 war die Larvenzahl bedeutend größer; und 1929, in welchem Jahr ich von dem Angriff unterrichtet wurde und hingereist bin, waren die Larven auf etwa 22 ha in sehr großer Anzahl vorhanden, während auf etwa 20 ha ein schwächerer Angriff zu verzeichnen war, und fast überall in dem Fichtenwald waren die Larven durch die auf die Erde hinuntergefallenen Exkremente zu spüren.

Ich besuchte den Wald den 20.—21. August 1929. Die Wirkung der Larve auf den Fichtenwald, wo der Angriff stark war, war imponierend. Wenn man in eine solche Waldesabteilung hineintrat, war es auffallend, wie hell diese geschlossenen 50—80jährigen Bestände aussahen, wegen der Lichtung der Kronen durch die Lydalarven. Unsere Hüte zeigten sich bald mit heruntergefallenen grünen Exkrementen übersät. Wenn man gegen die Gipfel der Bäume hinaufblickte, zeigten sich dieselben zum großen Teil rotgelb gefärbt. An probegefällten Bäumen ergab es sich, daß dies daher stammte, daß die Achsenteile jüngerer Sprosse, die entnadelt waren, diese Farbe hatten, weiter daher, daß die zahlreichen festhängenden Exkremente, wenn sie einige Zeit im Licht gehangen hatten, ebenfalls diese rotgelbe Farbe angenommen hatten.

Leider hat es sich ergeben, daß die alte Angabe, daß die Nadeln der Jahrestriebe geschont würden, nicht ganz korrekt war. Offenbar wurden die älteren Nadeln zuerst gefressen, bei einem starken Befall wurden aber auch die jüngsten Nadeln verzehrt. Der Befall war am stärksten in den Gipfeln etwa in einer Ausdehnung von ein paar Meter, aber an Bestandesrändern, z. B. zu einem offenen Weg hinaus, konnten die hinunterhängenden Seitenäste auch recht stark befressen sein; die Larven ziehen offenbar die stark belichteten Teile der Bäume vor. Die stark befallenen Wipfel konnten fast ganz in Gespinst eingehüllt sein, das als eine dicht zusammenhängende glänzende Lage den dünnen Stamm und die Äste bekleidete. Im übrigen war das Gespinst meistens recht lose und schwach, abgesehen von den kurzen bräunlichen Röhren (Abb. 11), die sich die Larven zu Wohnstätten bilden; diese Röhren, die den Ästchen angeheftet sind, sind an beiden Enden offen, wo sie sich in das angrenzende lose Gespinst fortsetzen. Die Röhren haben oft eine ziemlich glatte und wohlbegrenzte Oberfläche, welcher Exkremente und Nadelstümpfe angeheftet sein können. Sie sind übrigens im allgemeinen nicht sehr augenfällig, indem das lose Gespinst mit anhängenden Exkrementen und Nadelstümpfen sie verdecken. An den Partien, die nicht stark befressen sind, ist das lose Gespinst nicht sehr reichlich, an den stark befressenen Partien kann

es aber stark entwickelt sein und, ausnahmsweise, als exkrementgefüllte Klumpen hinunterhängen.

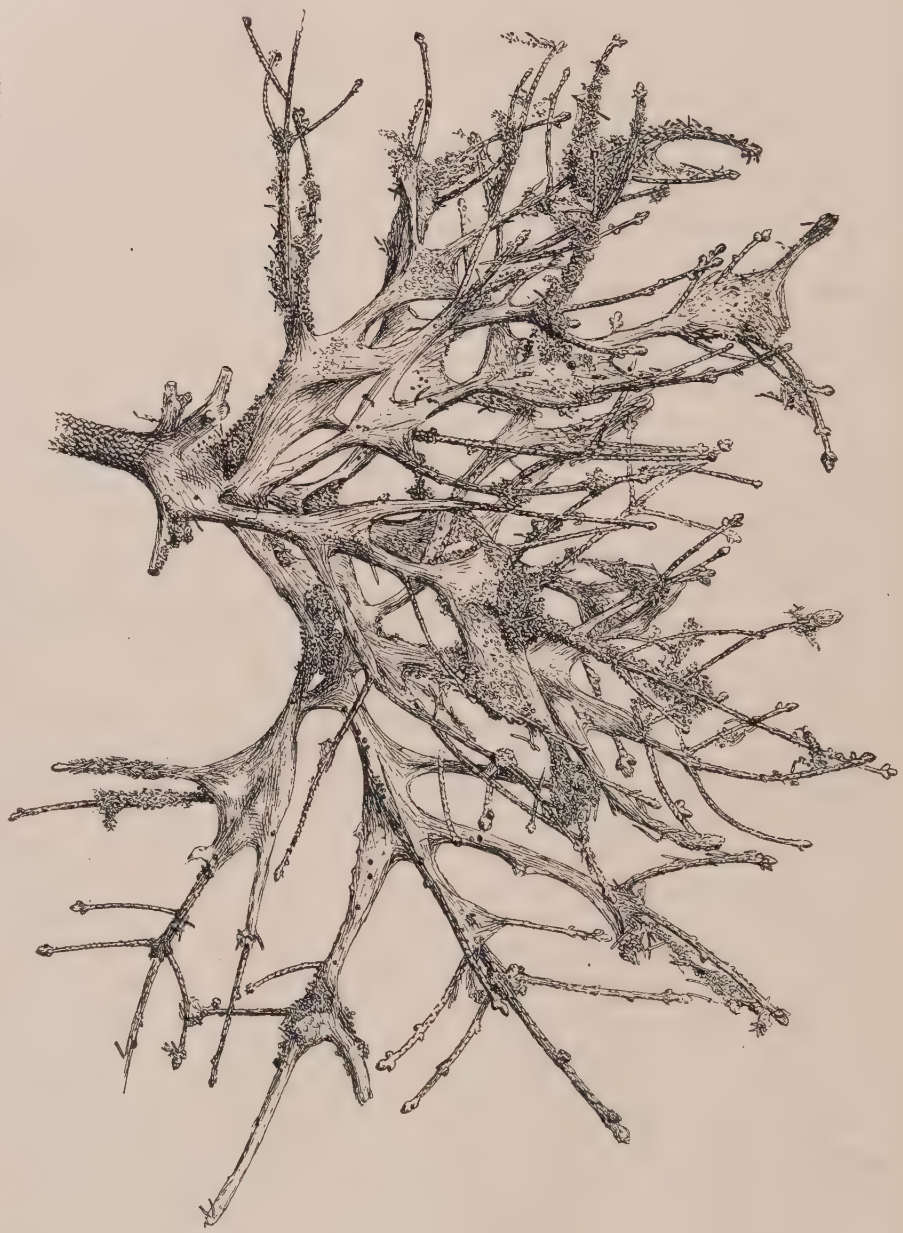


Abb. 1. Art einer Fichte von *Lyda arvensis* (Ang. 1929) entnadelt, stark mit Gespinst überzogen, Exkremente massenhaft vorhanden. Ungefähr $^1/_3$ der nat. Größe.

Von besonderem Interesse war es, daß selbst an ganz entnadelten Ästen die Knospen wohl entwickelt (Abb. 11) und frisch waren, so daß man hoffen konnte, daß die Bäume im folgenden Jahr wieder ergrünen würden.

Bevor ich von meinen Beobachtungen über das weitere Schicksal der angegriffenen Bestände berichte, halte ich es für notwendig anzugeben, daß ich habe festlegen können, daß die *Lyda arvensis* jedenfalls an der untersuchten Lokalität eine regelmäßige 2jährige Generation hat. Z. B. die Larven, die ich fressend 1929 angetroffen habe, gingen bald darauf in die Erde und haben dort den Winter 1929—30, den Sommer 1930 und den Winter 1930—31 überlebt, um als Imagines im Sommer 1931 zu erscheinen. Dementsprechend findet man jeden Winter in der Erde überwinternde Lydalarven zwei verschiedener Sorten, teils Larven die den vorhergehenden Sommer gefressen haben, teils solche die ein Jahr älter sind. Letztere sind leicht daran kenntlich, daß sie Anlagen zu Imagoaugen besitzen, die durch die Kutikula des Kopfes als große dunkle Flecken hindurchschimmern (Abb. 10).

Kehren wir zu den Fichten der Plantage zurück. Es zeigte sich, daß der Wald wirklich in 1930 grün wurde, indem ein großer Teil der angelegten Knospen sich entfalten, teils zu normaler Zeit, im Mai—Juni, teils verspätet, während andere Knospen abstarben. Einige der Bäume, die eine Zeitlang ganz schön grün gestanden haben, sind jedoch später im Sommer gewelkt, ohne daß übrigens deswegen die betreffenden Bäume notwendig abstarben. Allmählich gingen allerdings im Laufe von 1930 ein Teil der Bäume der stark befressenen Bestände ein, übrigens nicht immer solche, welche die schwächste Benadelung besaßen. Es ist hervorzuheben, daß das Absterben derselben nicht durch Borkenkäfer bewirkt wurde. Borkenkäfer waren zwar in einem Teil der absterbenden oder abgestorbenen Bäumen vorhanden, besonders häufig *Hylesinus palliatus* und *Xyloterus lineatus*. Solche Bäume, in denen diese beiden Borkenkäfer in einer begrenzten fleckförmigen Partie der Borke vorhanden waren, konnte man mitten in den Beständen treffen, es waren aber offenbar nicht die Käfer, die den schlechten Zustand der Bäume verursacht hatten, da sie nur in geringer Zahl in jedem Baum vorhanden waren; ihr Vorhandensein war augenscheinlich ganz sekundär und nebensächlich. An einer Stelle habe ich weiter *Ips chalcographus* gefunden, es war an einem westlichen Bestandesrand gegen eine Jungkultur (Douglas) hinaus, wo die Fichten im Frühjahr 1930 ganz schöne Sprossen entwickelt hatten, die aber später gelb geworden. Einige dieser Bäume haben sich später als von *Chalcographus* bewohnt erwiesen; es ist aber hervorzuheben, daß das Welken der Sprossen nicht vom *Chalcographus* bewirkt war, denn einige der mit welken Sprossen ausgestatteten Bäume waren ohne *Chalcographus*, der also, wo er war, später sekundär sich eingefunden hat. An einer anderen Stelle, Südrand eines Bestandes, gegen dieselbe Jungkultur hinaus, hat *Ips typographus* sich in die durch die Sonnenhitze ausgetrocknete Borke der Fichtenstämme, die gegen die offene Kultur hinaus standen, eingefunden. Der Borkenkäfer-Befall war offensichtlich durch die speziellen Verhältnisse bewirkt: die Jungkultur war schon früher auf einem

abgetriebenen Areal in dem alten Fichten-Bestand angelegt und die schwachkronigen Randbäume somit disponiert für Austrocknen usw.

Abb. 2. Ast einer Fichte, von *Lyda arvensis* stark befressen (Ang. 1929), sogar die Jahrestriebe sind fast ganz entnadelt. Etwas verkleinert.

Abb. 2a. Ein paar Fichtennadeln von einer Lyda-Fichte mit anhängendem Gespinst und Exkrementen und zwei schwarzen leeren Lyda-Eierschalen, die von Trichogramma bewohnt gewesen sind. 6mal vergr.

Im Sommer 1930 war die Zahl der fressenden Lyda-Larven minimal, obgleich recht viel Imagines beobachtet wurden. Es war sogar schwierig, Exemplare fressender Larven aufzutreiben, und daß die Zahl der vor-

handenen Larven gering war, geht auch daraus hervor, daß im folgenden Winter eine sehr geringe Anzahl von überwinternden Larven dieses Jahrganges (durch Abhandensein der Imago-Augen von den anderen kenntlich) in der Erde vorhanden waren. Die Ursache dieser Reduktion der Larven-Zahl stammt erstlich daher, daß die abgelegten Eier in großer Ausdehnung von der bekannten Schlupfwespe *Trichogramma evanescens* heimgesucht worden waren, deren Larven eine große Prozentzahl der Lyda-Eier (die betreffenden Eier werden tiefschwarz) füllten. Außerdem fand ich, daß zahlreiche neugeborene Lyda-Larven bald nach dem Verlassen der Eischale eingingen (auch von den Trichogramma-Larven starben viele ab innerhalb der Lyda-Eischale); die Ursache dieses Absterbens habe ich nicht feststellen können.

Für die Beurteilung des Zustandes des Waldes war es von großer Bedeutung, daß die Larven des Jahrgangs 1930 als Zerstörer des Waldes ausfielen. Die Schäden, die sich in 1930 kund gaben, sind alle Folgen des großen Lyda-Angriffes in 1929.

Ich kann noch hinzufügen, daß im Jahre 1931 zwar von Lyda-Larven gefressen wurde, daß aber die Zahl der fressenden Larven in Vergleich mit der in 1929 ganz geringfügig war, so daß kein weiterer Schaden von Bedeutung durch die Lyden in diesem Jahre zugekommen ist. In 1932 bin ich nicht persönlich in Kelstrup gewesen, aber aus den Mitteilungen des Oberförsters (Lindskov-Christiansen) entnehme ich, daß, wie ich auch nach der unbedeutenden Larvenmenge in 1930 erwarten konnte, der Schaden in 1932 unbedeutend gewesen ist.

Durch die älteren Erfahrungen über die wirtschaftliche Bedeutung namentlich der Lyda hypotrophica und durch die gute Ausbildung der Knospen der entnadelten Fichten in 1929 hatte ich zunächst die Hoffnung, daß der Lyda-Angriff ohne ernstlichere Folgen für die Plantage werden würde, und diese Hoffnung wurde auch bestärkt durch die Trieb-Bildung der entnadelten Bäume im Frühjahr 1930, und ich hatte noch in 1930 die beste Hoffnung, daß der Wald sich wesentlich unverändert erhalten würde. Leider hat sich dies im folgenden Jahr nicht bewahrheitet.

Die Zahl der Bäume, die allmählich eingingen, war so groß, daß einige von den Waldes-Abteilungen fast ganz abgeholzt werden mußten, während in anderen doch so viele Bäume übrig blieben, daß sie eine Stütze für die auszuführende Kultur werden konnten. Daß es so schlimm wurde, daran ist nicht die Lyda allein schuld, sondern auch der Zustand des Waldes vor dem Angriff mit den kleinkronigen Bäumen, die stark gelitten haben, wenn ein Nachbarbaum weggenommen werden mußte. Auch die vor dem Lyda-Angriff stattgefundenen Abholzungen von Stücken des Waldes zur Anlage von Neu-Kulturen, wodurch viele Bäume der Ränder der die abgeholzten Arealen umgebenden Bestandes-Teile bloßgestellt wurden, sind ein wesentlicher Faktor gewesen.

Wie gut manche Bäume dem furchtbaren Angriff 1929 dauernd widerstanden haben, geht unter anderem aus folgendem hervor. Ich habe in 1931 Bäume untersucht, die in 1929 entnadelt waren, die in 1930 gute Jahrestriebe gebildet hatten, an denen aber im selben Jahre die Nadeln gewelkt und abgefallen waren, die aber trotzdem in 1931 sehr schöne Sprossen gebildet haben (Abb. 5). Und ich habe andere untersucht,

Abb. 3 und 4. Äste von Fichten, die in 1929 von Lyda entnadelt worden, eingesammelt am 19. Juli 1931. Die Aste haben in 1930 kurznadelige Triebe gesetzt, von denen in 1931 starke langnadelige Triebe entwickelt worden sind. Ung. nat. Größe.

die, nach Entnadelung in 1929, in 1930 kurznadelige Triebe entwickelt haben, die in 1931 ganz normale Sprossen getragen haben (Abb. 3 u. 4).

Der vorliegende Fall ist dadurch interessant, daß er kund gibt, daß die *Lyda arvensis* unter Umständen wirklich fühlbaren Schaden verursachen kann, nämlich wenn der Wald schwach durchforstet ist. Im vorliegenden Fall kommt noch dazu, daß der Wald einem Angriff gegenüber dadurch im voraus geschwächt worden war, daß man in dem geschlossenen Wald Stücke abgetrieben hatte zur Anlage von Neukulturen.

An dieser Stelle kann ich noch bemerken, daß die *Lyda arvensis* auch an mehreren anderen Stellen in Nordschleswig in den Jahren 1929 bis 1931 gefunden wurde, im Aabenraa-Distrikt und im Haderslev-Distrikt, ohne an irgend einer Stelle nennenswerten Schaden anzurichten.

Abb. 6. Gesunde *Trichogramma*-Larve. Ung. $^{150}/_{1}$.

Abb. 5. Ast einer Fichte am 19. Juli 1931 in Kelstrup Pl. gesammelt. Derselbe ist in 1929 entnadelt worden, hat aber in 1930 kräftige Triebe entwickelt, deren Nadeln aber im selben Jahre gewelkt und abgefallen sind. Trotzdem sind in 1931 recht kräftige Triebe entwickelt worden. Ung. nat. Größe.

Abb. 7. Kranke *Trichogramma*-Larve. Ung. $^{150}/_{1}$.

Zu dem oben über den Angriff der *Lyda arvensis* in Kelstrup Plantage und dessen Folgen Mitgeteilten füge ich noch hier einiges über das Insekt selbst hinzu, da die Naturgeschichte dieser *Lyda*-Art teilweise nur mangelhaft bekannt war.

Die neugeborene Larve (ich nenne sie Nr. 1) ist, abgesehen von den unten erwähnten stark chitinisierten Partien, von einer schmutzigen graugelblichen Grundfarbe. Der Kopf ist scheinend tiefschwarz mit Ausnahme

der etwas helleren Vorderseite. Sonst sind von stärker chitinisierten, dunkelgefärbten Teilen nur die gewöhnliche Querplatte an der Rückenseite des ersten Brustringes und eine größere und mehrere kleinere Platten an jeder Seite desselben Ringes und eine kleine Platte oberhalb jeden Beines, weiter drei Paare dunkler Platten an der Unterseite der Brustringe vor-

Abb. 8. Larve von *Lyda arvensis* im Stadium Nr. 4 (letztes Freßstadium). $^{8}/_{1}$.

Abb. 9. Larve von *Lyda arvensis* im Stadium Nr. 5 (junge Erdlarve). $^{6}/_{1}$.

handen, dazu natürlich Fühler, Nachschieber, Mundteile und Beine. An der Rückenseite des letzten Körpersegments ist bereits der den *Lyda*-Larven charakteristische vorwärts gerichtete kleine Stachel vorhanden und zwar ist derselbe verhältnismäßig größer als später.

Die folgenden drei durch je eine Häutung getrennten Larven-Stadien (Nr. 2—4) haben ungefähr dasselbe Aussehen, so daß wir uns damit be-

gnügen, das letzte derselben (Nr. 4) zu beschreiben (Abb. 8). Die betreffenden Larven, die letzte Stufe, die auf der Fichte frißt, haben eine Länge von etwa 15—20 mm. Die Grundfarbe ist schmutzig gelblichgrün, ziemlich dunkel. Ein ziemlich scharfer Längsstreifen verläuft längs der Mitte des Rückens, ein ähnlicher längs der Mitte der Unterseite; seitlich oberhalb der hervortretenden Seitenrandfalte verläuft noch ein rotbrauner Streifen, in welchem in jedem Hinterleibssegment mit Ausnahme des hintersten zwei dunklere Flecken, und auf dem 2. und 3. Brustsegment je einer, vorhanden sind; und endlich ist noch ein rotbrauner Längsstreifen unterhalb der Seitenfalte vorhanden, der aber manchmal weniger deutlich ist als die anderen. Der Kopf ist bräunlich, heller oder dunkler, aber niemals ganz schwarz, vorne ist eine hellere Partie (Abb. 12), in welcher eine dunkle Zeichnung, die bei der verwandten *L. hypotrophica* ungefähr X-förmig ist, bei *arvensis* aber sehr schwach und oft in drei kleine Fleckchen geteilt (bereits bei Nr. 1 vorhanden, hier aber noch undeutlicher). Dieser Entwicklungsstufe (Nr. 4) charakteristisches ist, daß das Basalglied der Nachschieber weiß ist, die anderen Glieder dagegen schwarz; bei den jüngeren Stufen (Nr. 1—3) sind dagegen alle Glieder der Nachschieber schwarz. An den Brustsegmenten sind ähnliche dunkle Chitinplättchen wie bei Nr. 1 vorhanden. Am 2. und 3. Brustsegment und an den Hinterleibssegmenten sind oben recht hervortretende regelmäßige abgerundete Querwülste, meist vier auf jedem Segment, vorhanden. Ähnliche Querfalten sind auch an der Bauchseite vorhanden. An der Oberseite des letzten Hinterleibssegments finden sich ein Paar feste ovale Plättchen (die bei Nr. 1 kaum angedeutet sind); eine unpaare Platte bedeckt die Unterseite desselben Segments.

Abb. 10. Ältere Erdlarve mit großen Imago-Augen. 7/1.

Die letzte Larvenstufe (Nr. 5), Abb. 9, ist diejenige, die aufgehört hat zu fressen und auch das Spinnvermögen verloren hat und sich in die Erde begibt. Dieselbe ist sehr von Nr. 4 verschieden. Die Larve ist in diesem Stadium gelb, beinahe zitronengelb. Alle 6 rotbraune Längsstreifen sind spurlos verschwunden; die dunkleren Flecken in der oberen Seitenlinie,

die wir oben erwähnten und die dem Vorhandensein mikroskopischer schwarzer Wärzchen verdanken, sind, wie auch die dunklen Flecken an den Brustringen, noch erkennbar, was auch dem X-Fleck am Kopf gilt.

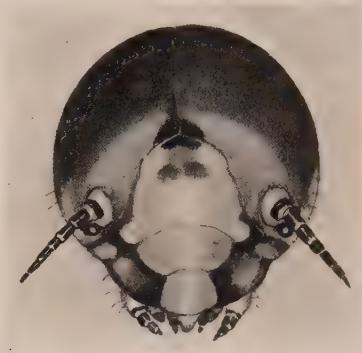


Abb. 12. Kopf einer *Lyda arvensis*-Larve von vorn. (Stufe Nr. 3.)

Abb. 11. Jahrestrieb von einer Fichte von *Lyda arvensis* fast ganz entnadelt. Gesammelt in Ang. 1929. An demselben eine Larven-Röhre. Man merke auch die großen Knospen.

Abb. 13. Cocon von *Xenoschesis fulvipes*, der als Larve in der Lyda-Larve gelebt hat, deren leeres Fell dem Cocon anhängt.

Das Basalglied der Nachschieber ist wie bei Nr. 4 weiß. Die Seitenfalten sind etwas mehr ausgeebnet, das Tier mehr wurstförmig. Die Querfalten an den Segmenten wie bei Nr. 4.

Unter den zahlreichen eingesammelten *arvensis*-Larven aus der Erde habe ich auch einige wenige Exemplare von *hypotrophica* gefunden. Der X-Fleck ist schärfer markiert als bei *arvensis*, von welcher sie bestimmt zu unterscheiden sind durch das Vorhandensein eines schwarzen Längsstriches an der Unterseite des letzten Hinterleibssegments (auch von anderen angegeben). Einige dieser Erdlarven von *hypotrophica* sind lebhaft grün, die anderen gelb, während sämtliche Exemplare von *arvensis* auf dieser Stufe gelb sind. Jüngere Exemplare von *hypotrophica*, also in den Freßstadien, habe ich nicht unter den eingesammelten *arvensis*-Exemplaren bemerkt, wenn auch solche haben vorhanden sein müssen, so daß ich solche nur in alten Alkohol-Exemplaren habe untersuchen können, die sich, abgesehen von dem Strich auf der Unterseite des letzten Segments, wie Alkohol-Exemplare von *arvensis* aussahen, die rotbraunen Längslinien, die, wie ich aus der Literatur weiß, auch bei *hypotrophica* vorhanden sind, waren bei allen verschwunden.

Bezüglich der Lebensweise der fressenden Larven habe ich bestätigen können, daß die Larve die zu fressende Nadel an deren proximalem Ende abbeißt und in ihre Röhre einzieht, wo sie verzehrt wird. Von meinem Kollegen M. Thomsen wurde die Bewegungsweise der Larve Nr. 4 konstatiert; sie bestätigen ganz die fast hundertjährigen Beobachtungen an anderen Lyda-Arten von Th. Hartig.[1]) Die Füße scheinen keine Rolle dabei zu spielen, die Larve schiebt sich auf dem Rücken liegend vorwärts durch Biegungen des vorderen Teils des Körpers und steter Bildung und Festheftung zur Unterlage von Spinnfäden, die quer über die Bauchseite angebracht werden. Die Erdlarven, denen das Spinnvermögen wie bereits bemerkt abgeht, bewegen sich ebenfalls schiebend mit der Unterseite nach unten gekehrt ziemlich schnell vorwärts; auch für sie scheinen die Beine dabei keine Rolle zu spielen.

Das Puppenstadium ist nur von kurzer Dauer. Die ersten Puppen fand ich in der Erde in 1930 neben jungen Imagines den 11.—13. Juni; am 7.—8. Juli nur Imagines, keine Puppen mehr. Wahrscheinlich dauert das Puppenstadium, nach dem langen Larvenstadium Nr. 5 nur wenige Tage. Puppen findet man oft mit der letzten Larvenhaut am Hinterende hängen (das Puppenende steckt in der geöffneten Kopfkapsel der Larve).

Die Imagines sind schon früher so oft beschrieben, daß ich nur bemerkte, daß sie von hypotrophica sich leicht dadurch unterscheiden läßt, daß die gelbe Farbe stärker verbreitet ist und namentlich, wie schon Nitsche erwähnt, durch das Vorhandensein eines großen gelben Fleckes jederseits auf der Unterseite des schwarzen, zweiten Brustsegments.

Die *Lyda arvensis* habe ich von verschiedenen Parasiten heimgesucht gefunden. Oben ist schon die Trichogramma erwähnt. Die überwinternden

[1]) Die Familien der Blattwespen und Holzwespen (1., einziger Band der Adlerflügler Deutschlands). Berlin 1837, S. 321—23.

Larven liefern ferner in ziemlicher Zahl eine größere Schlupfwespe, *Xenoschesis fulvipes*, aus der Familie der Tryphoniden, deren braune Cocons (bisweilen den Überresten der Wirtslarve angeklebt, Abb. 13) häufig beim Aufgraben der *Lyda*-Larven gefunden wurden; die Wespe fliegt im August und die Eier derselben werden voraussichtlich in die fressenden *Lyda*-Larven abgelegt.

Andere der Erdlarven sterben aus anderen Ursachen. Fast immer findet man, wenn man eine Anzahl *Lyda*-Larven aufgräbt, daß neben den gesunden Exemplaren einige sich finden, die abgestorben oder sterbend sind. Einige davon haben sich als durch *Botrytis tenella* infiziert erwiesen, andere sind möglicherweise durch Bakterien vernichtet worden. Von anderen Parasiten, die ich (mit Hilfe eines Mykologen, Herrn Mag. O. Rostrup) auf *Lyda* habe nachweisen können, nenne ich zunächst die Gattung *Spicaria*, die an derselben als ein weißer Schimmel an der Oberfläche erscheint. Diesen Pilz haben wir sowohl an den Eiern, den fressenden Larven und einmal auch (am 31. Aug. 1931) an einem gestorbenen *Lyda*-Weibchen gefunden, die wir zu unserer Überraschung an einem Ästchen mit einem schönen Schimmel überdeckt fanden. Auch *Botrytis Bassiana* und *Isaria farinosa* (die Conidienform des *Cordyceps militaris*) haben sich an eingesammelten *Lyda*-Larven in meinem Laboratorium entwickelt.

Beitrag zur Kenntnis der Entwicklung von Haplothrips aculeatus F.

Von

Dr. **A. Körting.**

(Institut für Pflanzenkrankheiten, Landsberg/Warthe, Direktor: Prof. Dr. Schander.)

(Mit 7 Abbildungen.)

In einer früheren Arbeit über die Lebensgewohnheiten und phytopathogene Bedeutung einiger Getreidethysanopteren (4) konnte die Entwicklungsbiologie von *Haplothrips aculeatus* F. nur ungenügend berücksichtigt werden. Im Jahre 1931 stellte ich daher einige weitere diesbezügliche Untersuchungen an, deren Ergebnisse im folgenden mitgeteilt seien. Durchgeführt wurden die Arbeiten an der Hauptstelle für Pflanzenschutz in Königsberg/Preußen.

1. Die Eiablage.

Die länglich ovalen, schwach nierenförmigen Eier sind nach Priesner (7) 374—425 μ lang und 125—135 μ breit. In frisch abgelegtem Zustand sind sie gelblich-weiß durchscheinend; mit fortschreitender Entwicklung nehmen sie einen schwach grau-rötlichen und später einen hellroten Ton an. Im Gegensatz zu den an Getreide gleichfalls häufigen Limothrips-Arten, die als Terebrantier mit Hilfe ihres Legesäbels die Eier im Inneren des pflanzlichen Gewebes unterbringen, legt der zu den Tubuliferen zu zählende *H. aculeatus* seine Eier frei — hauptsächlich an verschiedene Teile der Ähre — ab (s. Abb. 1). Hinter den Blattscheiden werden sie — wie bereits Lindemann (6) berichtet — seltener angetroffen. So zählte ich am 31. Mai 1931 an 3 Winterroggenähren 25 und hinter den zugehörigen obersten Blattscheiden nur 2 Eier. An den Ähren finden letztere sich zwischen und in den Ährchen sowie an den Spindeln. Ein besonders bevorzugter Eiablageort schien in einigen Fällen beim Weizen der basale Teil der der Ährenspindel zugewandten Seite des Ährchens zu sein (s. d. Abb.). Im allgemeinen werden die Eier leicht an die Unterlage

angeheftet; nicht selten jedoch liegen sie ihr lose auf. Häufig werden einzeln abgelegte Eier gesehen. Jedoch möchte ich aus der Tatsache, daß bis 4 Eier miteinander verkittet gefunden wurden, schließen, daß sie auch — zum mindesten bis zur Vierzahl — zusammen abgesetzt werden. Ob allerdings größere Eihäufchen — Lindemann (6) fand bis 27 Eier zuzusammen — von einer Ablage eines Weibchens herrühren, scheint nicht gesichert.

Abb. 1. Eier von *Haplothrips aculeatus* an einem Weizenährchen. Phot. Dr. Langenbuch.

2. Die Entwicklung.

Über die Entwicklungsdauer unserer Art liegt bislang nur eine Beobachtung von Lindemann (6) vor, nach der die Larvenzeit im Freien (bei Moskau) 35—40 Tage währte. Es schien daher wünschenswert, die Dauer der Jugendentwicklung im Laboratorium unter Variierung von Temperatur-, Feuchtigkeits- und Nahrungsverhältnissen näher zu untersuchen. Zur Gewinnung von Zuchtmaterial wurden aus dem Freien Eier eingetragen und bis zum Schlüpfen der Larven in einer feuchten Kammer (Petrischale) untergebracht. Daneben wurden gleichfalls im Freien erbeutete ältere Entwicklungsstadien weitergezogen. Die Aufzucht der Larven erfolgte in Einzelhaft in verschlossenen Blockschälchen. Durch Abdichten des Deckels mit Vaseline wurde ein Entweichen der Larven verhindert. Verluste durch Absterben der Tiere waren bei dieser Methode gering. Zur Erreichung verschiedener Temperaturverhältnisse fand ein Teil der Kulturgefäße im Laboratorium und ein anderer Teil im Keller Aufstellung. Die Beleuchtungsverhältnisse jedoch waren in allen Fällen die gleichen. — Zur Ermittlung der Temperatur dienten Max.-Min.-Thermometer. Die Ablesung erfolgte 2 mal täglich. Die mittlere tägliche Temperatur wurde mithin aus 6 Daten errechnet. — Kontrolliert wurden die Zuchten durchweg einmal täglich.

Zur Art des Nahrungssubstrates sei folgendes bemerkt: Unter natürlichen Verhältnissen wächst an Weizen und Roggen die Mehrzahl der Larven während der Ausbildung des Kornes heran. Geringere Larvenzahlen dagegen sind bereits kurz vor und während der Blüte in den Ährchen zu finden (s. S. 290). In den Zuchten wurde daher eine Larvenserie mit Roggenblüten, eine andere mit jungen Roggenkörnern und eine

dritte mit Weizenblüten großgezogen. Die Fütterung erfolgte an jedem zweiten Tage, und zwar erhielten die Tiere je eine kurz vor dem Aufblühen stehende Blüte bezw. ein Korn mit der Vorspelze; das Korn wies stets etwa die halbe Länge der Vorspelze auf. — In kürzeren Zeitabständen wurden Getreidenachsaaten vorgenommen, so daß ständig Futter im gewünschten Entwicklungsstadium zur Verfügung stand.

a) Die Larvenstadien.

H. aculeatus besitzt zwei, von Priesner (7) morphologisch eingehend charakterisierte Larvenstadien. Sie bewohnen — wie auch die Vorpuppen, Puppen und Vollkerfe — nach den Beobachtungen von Lindemann (6), Szaniszló (9) und Beling (1) vorzugsweise die Ähren des Getreides und sind hinter den Blattscheiden seltener anzutreffen. Diese Befunde konnte ich bestätigen. An den Ähren halten die Larven sich zwischen den Ährchen, in den Blüten und späterhin an den Körnern auf. — In den Zuchten zeigten sie ein starkes Streben nach Berührungsreizen. So saßen die bei Kornernährung gehaltenen Tiere fast stets zwischen dem Korn und der Spelze und liefen nur selten im Kulturgefäß umher. Auch an den anderen Nahrungssubstraten suchten sie nach Möglichkeit zwischen zwei dicht aufeinanderliegende Flächen zu gelangen, so daß ihre Rücken- und Bauchseite gleichzeitig berührt wurde. Bei Reizung (etwa mit einem Pinsel) sonderten sie ein weißliches Kottröpfchen ab. —

Die über die Entwicklungsdauer der Larven erhaltenen Daten sind in den Abb. 2 und 3 graphisch dargestellt. Eine Übersicht gibt die Tab. 1. Man sieht, daß höhere Wärmegrade die Entwicklung im all-

Tabelle 1.

Entwicklungsdauer von *Haplothrips aculeatus* bei verschiedener Ernährung und Temperatur.

Durchschnittstemperatur	Dauer des 1. Larvenstadiums in Tagen bei Ernährung mit		Dauer des 2. Larvenstadiums in Tagen bei Ernährung mit		Gesamtdauer der Vorpuppen- u. Puppenruhe in Tagen nach Ernährung im Larvenstadium mit		Dauer vom Schlüpfen der Junglarve bis zum Schlüpfen des Vollkerfs in Tagen bei Ernährung mit	
	Roggenblüten bezw. Weizenblüten	Roggenkörnern bezw. Weizenkörnern	Roggenblüten bezw. Weizenblüten	Roggenkörnern	Roggenblüten bezw. Weizenblüten	Roggenkörnern	Roggenblüten bezw. Weizenblüten	Roggenkörnern
16° C—18° C	8—12	14—22	8—12	16	9—12	9—10	25—34	42—47
18° C—20° C	6—8	10—18	5—8	15—25	8—10	8—10	19—22	31—42
20° C—22° C	5—6	10—13	5—7	9—13	7—8	6—8	18—19	39
22° C—23° C	?	?	4	?	?	5	?	?

gemeinen beschleunigten. Daneben übte aber auch die Nahrung einen starken Einfluß auf die Dauer der Larvenzeit aus. Das erste Stadium (s. Abb. 2) währte bei Fütterung mit Roggenblüten und Weizenblüten — unter Berücksichtigung des Temperatureinflusses — annähernd die gleiche Zeit, und zwar nahm es innerhalb der Temperaturgrenzen von 21,7° C und 16,2° C 5—12 Tage in Anspruch. Demgegenüber entwickelten sich die mit Roggenkörnern ernährten Tiere wesentlich langsamer: Sie häuteten sich erst zwischen dem 10. Tage (Durchschnittstemperatur 20,9° C) und dem 22. Tage (Durchschnittstemperatur 16,9° C) nach dem Verlassen der Eihülle. Die Entwicklungsdaten einiger an Weizenkörnern gehaltener Junglarven fügen sich dieser Reihe ein (s. d. Abb.). — Als Einzelbeispiel für den entwicklungsverzögernden Einfluß der Kornernährung seien die Daten zweier Roggenkornlarven und einer Weizenblütenlarve angeführt, die bei der gleichen Durchschnittstemperatur, nämlich 18,3° C, heranwuchsen: Im ersten Fall fand die erste Häutung am 13. Tage und im zweiten bereits am 7. Tage nach dem Verlassen der Eihülle statt. —

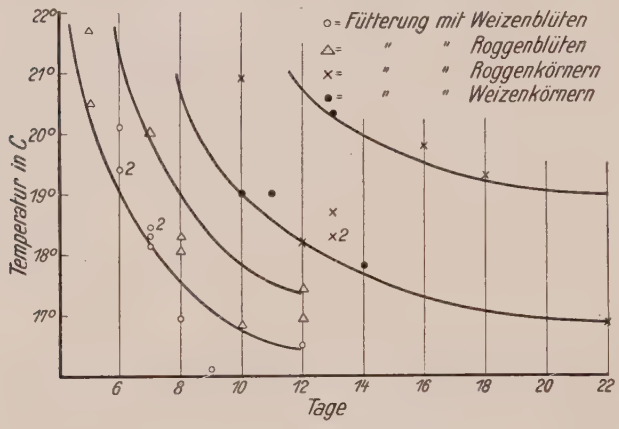


Abb. 2. Entwicklungsdauer des 1. Larvenstadiums von *H. aculeatus* bei verschiedener Ernährung und Temperatur. (Sofern die Kurvenpunkte sich auf mehr als ein Individuum stützen, ist die Individuenzahl neben den Punkten angegeben.)

Gleichsinnig verhielt sich das zweite Larvenstadium (s. Abb. 3). Bei der Ernährung mit Blüten dauerte letzteres 4—12 Tage (Durchschnittstemperaturen 22,9° C bis 17° C), die Roggenkornlarven dagegen durchliefen den Zweitstand in 9—25 Tagen (Durchschnittstemperaturen 21,3° C bis 19,2° C).

Da die Feuchtigkeit in den Blütenzuchten zweifellos höher als in den Kornzuchten war, lag die Vermutung nahe, daß die hier beobachtete Entwicklungsverzögerung durch zu große Trockenheit bedingt war. Ich zog daher zwei Kornlarven feuchter als die übrigen auf, indem ich den Wassergehalt im Kulturgefäß durch Zusetzen eines angefeuchteten Filtrierpapierstreifens von der ungefähren Größe einer Spelze erhöhte. Diese beiden Tiere entwickelten sich jedoch nicht schneller als die übrigen Kornlarven (s. Abb. 3). Es ist daher anzunehmen, daß die Unterschiede in der Entwicklungsdauer bei den einzelnen Zuchtserien nicht auf die verschiedenen Feuchtigkeitsverhältnisse zurückzuführen sind. Die Ursache dürfte vielmehr in der Nahrung selbst zu suchen sein. —

Es fragt sich, welchen Bestandteilen des Ährchens die Larven ihre Nahrung entnehmen. Bei gesonderter Darbietung von Staubgefäßen und Fruchtknoten vom Roggen hielten die Tiere sich zwar, wanderten aber — offenbar aus Mangel an Gelegenheit, ihr Bedürfnis nach Berührungsreizen zu befriedigen — leicht vom Nahrungssubstrat ab und irrten im Zuchtgefäß umher. Gut gelang dagegen die Aufzucht einer Larve mit halbentwickelten Roggenkörnern ohne Spelzen; ihre Entwicklungsdauer entsprach der der übrigen Kornlarven. Versuche, die Larven lediglich an Roggenspelzen zur Weiterentwicklung zu bringen, schlugen auch dann fehl, wenn zu den leicht eintrocknenden Spelzen feuchtes Filtrierpapier gegeben wurde. Ebensowenig zeitigten Fütterungsversuche mit Stücken von Blattscheiden

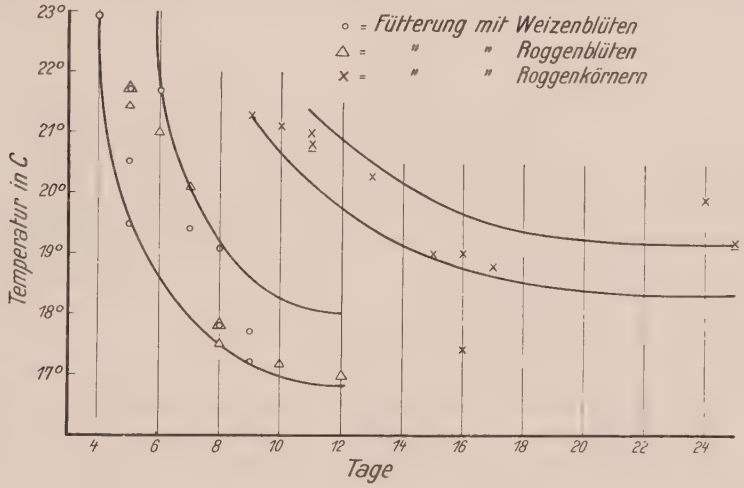


Abb. 3. Entwicklungsdauer des 2. Larvenstadiums von *H. aculeatus* bei verschiedener Ernährung und Temperatur. (Die unterstrichenen Kurvenpunkte bedeuten feucht gehaltene Individuen.)

Erfolge, obwohl — wie bereits erwähnt — die Larven im Freien gelegentlich hinter Blattscheiden anzutreffen sind. — Bei gleichzeitiger Darreichung einer Roggenblüte und eines Roggenkornes mit der Vorspelze war eine Bevorzugung des einen oder anderen Futters nicht zu beobachten.

Aus den Ergebnissen dieser Fütterungsversuche dürfte zu schließen sein, daß die Larven ihre Nahrung zum mindesten hauptsächlich den Fruchtknoten bezw. den jungen Körnern sowie auch der Staubgefäßen entnehmen. Daß der Fruchtknoten die „Hauptnahrung der Larven" darstellt, hat bereits Lindemann (6) beobachtet. Auch Beling (1) schreibt, daß die Larven „den Fruchtknoten benagen", was nach dem gleichen Autor das „Abfallen des Fruchtknotens samt Spelzen und Kelchklappen von der Spindel" zur Folge haben soll. Szaniszló (9) dagegen hat derartige Schädigungen nicht bemerkt. Auch mir kamen solche nicht zu Gesicht. Ebensowenig konnte ich an den Körnern Schrumpfungserscheinungen be-

obachten, und zwar selbst dann nicht, wenn 3—4 Larven an einem Korn gleichzeitig gesogen hatten.

Die Aufzucht der Larven gelang auch an Haferblüten. Dagegen gediehen mehrere, an Blüten von Dactylis glomerata gesetzte Junglarven zunächst zwar gut, wanderten aber nach einigen Tagen vom Futter ab und gingen aus unbekannter Ursache ein. —

Altlarven wurden auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Hunger sowie gegen Hunger bei gleichzeitigem Dursten geprüft. Im Hunger-Durst-Versuch blieben sie nur einen Tag gesund, kränkelten dann unter Schrumpfungserscheinungen, und der Tod trat zwischen dem 2. und dem 9. Tage nach dem Ansetzen des Versuches ein. Feucht gehaltene Hungerlarven dagegen zeigten erst am 2.—3. Tage Krankheitserscheinungen und lebten insgesamt 11—13 Tage.

b) Das Vorpuppenstadium und die Puppenstadien.

Priesner (7) schreibt, daß angeblich bei einigen Tubuliferen das Vorpuppenstadium, bei anderen das eine der Puppenstadien fehlen soll. Er selbst hat jedoch in allen von ihm untersuchten Fällen sämtliche Stadien, nämlich 2 Larven-, 1 Vorpuppen- und 2 Puppenstadien, aufgefunden. Auch *H. aculeatus* ordnet sich diesem Entwicklungsschema ein, denn die bislang unbekannte Vorpuppe konnte ich in Massenfängen in den Jahren 1927 und 1928 sowie in den Zuchten 1931 feststellen.

Entgegen den Angaben Lindemanns (6) nehmen weder Vorpuppen noch Puppen Nahrung auf. Sie sind zwar freibeweglich, jedoch träger als die Larven. So saßen die frischgeschlüpften Vorpuppen und Puppen in den Zuchten fast stets unmittelbar neben der abgestreiften Exuvie. —

Zwecks Erhaltung eines genügenden Feuchtigkeitsgrades in den Kulturgefäßen wurde den Tieren im allgemeinen das gleiche Substrat beigegeben, das sie im Larvenstadium als Futter erhalten hatten. Erneuert wurde das Substrat wie bei den Larven an jedem zweiten Tage. In einem Teil der Schälchen wurde der Wassergehalt durch ein Stückchen feuchten Filtrierpapiers erhöht. —

Sowohl das Vorpuppenstadium als auch das erste Puppenstadium wurde innerhalb der Temperaturgrenzen von 23,8° C und 16,3° C in 1—3 Tagen durchlaufen. Unterschiede in der Entwicklungsdauer, die durch die verschiedene Ernährung während der Larvenzeit hätten bedingt sein können, waren dabei nicht festzustellen (vgl. S. 287). Allerdings wären derartige Unterschiede in Anbetracht der Kürze dieser Entwicklungsabschnitte bei der täglich nur einmal vorgenommenen Kontrolle kaum klar zum Ausdruck gekommen. —

Hinsichtlich der Dauer des zweiten Puppenstadiums ist ein Vergleich der einzelnen Zuchtserien leichter möglich. Dieses Stadium währte, wie aus den Abb. 4, 5 und 6 hervorgeht, bei den verschieden gefütterten

Serien annähernd gleich lange, und zwar nahm es bei Durchschnittstemperaturen von 23,0° C bis 17° C 3—7 Tage in Anspruch.

Erhöhte Luftfeuchtigkeit in den Kulturgefäßen übte offenbar keinen Einfluß auf die Entwicklungszeit aus (s. Abb. 4 und 6). Im gänzlich trockenen Zuchtschälchen dagegen lieferte eine 2. Puppe früher als die übrigen einen Vollkerf, der bei einer Durchschnittstemperatur von 18,1° C bereits nach 5 Tagen schlüpfte. — Da unter natürlichen Verhältnissen eine beträchtliche Anzahl der Puppen ihre Entwicklung in den Ähren erst dann abschließt, wenn das Getreide bereits geschnitten ist und in Hocken auf dem Felde steht, dürften die Tiere an ein relativ trockenes Substrat angepaßt sein. Trotzdem möchte ich glauben, daß in dem vorliegenden

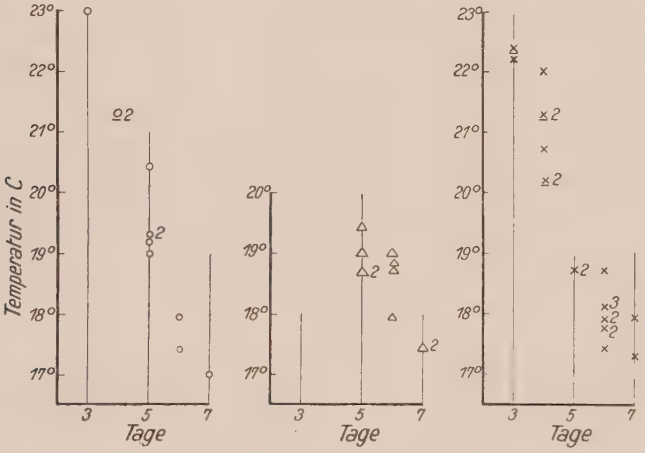


Abb. 4. Nahrungssubstrat: Weizenblüten.

Abb. 5. Nahrungssubstrat: Roggenblüten.

Abb. 6. Nahrungssubstrat: Roggenkörner.

Entwicklungsdauer des 2. Puppenstadiums von *H. aculeatus* nach verschiedener Ernährung während der Larvenzeit. (Unterstrichene Punkte bedeuten feucht gehaltene Individuen. — Sofern die Punkte sich auf mehr als ein Individuum stützen, ist die Individuenzahl neben den Punkten angegeben.)

Fall das Schlüpfen der Imago infolge zu großer Trockenheit abnorm früh erfolgte, da zwei andere, unter gleichen Bedingungen gehaltene Puppen eingingen. —

Unterzieht man die Zeitspannen vom Schlüpfen der Vorpuppe bis zum Schlüpfen des Vollkerfs einem Vergleich (s. Tab. 1), so sieht man, daß auch hierbei für die verschiedenen Kulturserien wesentliche Unterschiede nicht zu verzeichnen sind: Die Blütentiere durchliefen die Ruhestadien bei 16°—18° C in 9—12 und die Korntiere in 9—10 Tagen; in dem Temperaturintervall von 18°—20° C wurden von sämtlichen Individuen 8 bis 10 Tage benötigt. Da das Vorpuppen- und das erste Puppenstadium in diesem Entwicklungsabschnitt mit eingeschlossen sind, darf man wohl annehmen, daß auch die Dauer dieser beiden Stadien von dem während der Larvenzeit gebotenen Nahrungssubstrat nicht beeinflußt worden ist.

c) Das Vollkerfstadium.

Die Flügelscheiden der Puppe dunkeln 1—2 Tage vor dem Auskommen der Imago. Der Kopf und die Beine des frischgeschlüpften Vollkerfs sind blaßgrau; der Leib ist rötlich durchsichtig. Die Ausfärbung nimmt zumeist 1—2 Tage in Anspruch. Gleichzeitig erhalten die zunächst parallel nebeneinander liegenden Flügel ihre endgültige Stellung: sie werden in ihrem hinteren Abschnitt übereinander gelegt. — Offenbar sind die jungen Vollkerfe auf baldige Nahrungsaufnahme angewiesen, denn ohne Futter gehaltene Tiere waren bereits 1—2 Tage nach dem Schlüpfen auch unter Darbietung von Wasser eingegangen. Dagegen blieben ältere Vollkerfe bei Nahrungsentzug bis zu sieben Tagen und bei gleichzeitigem Dursten bis zu vier Tagen am Leben.

33 der aus den Zuchten gewonnenen Imagines wurden — vom jeweiligen Schlüpftermin an gerechnet — zunächst 3—4 Wochen an Getreideährchen und späterhin an Blattscheiden- und Stengelstücken von jungen Haferpflanzen weitergezogen. Bis zum 14. September 1931 waren diese Tiere in einem ungeheizten Raume (Durchschnittstemperatur während der ersten Septemberhälfte: 14° C) untergebracht; von da ab wurden sie dauernd einer Temperatur von 23°—24° C ausgesetzt. Am 19. September waren 64% der Tiere tot. Schuld daran ist offenbar die starke und dauernde Temperaturerhöhung zu einer Zeit, in der unter natürlichen Verhältnissen die Mehrzahl der Kerfe bereits das Winterquartier aufgesucht hatte. Der letzte *Haplothrips* starb am 5. Oktober; er hatte ein Alter von 79 Tagen erreicht. — Die Imagines hielten sich also in der Gefangenschaft im Gegensatz zu den Larven an Blattstücken gut. —

Szaniszlós (9) Beobachtung, daß die Vollkerfe „manchmal die Flügel schwingend weiterspringen", kann ich bestätigen. Nicht beizupflichten dagegen ist seiner Behauptung, daß man ein „wirkliches Fliegen bei ihnen nicht bemerken kann". *H. aculeatus* ist vielmehr durch ein gutes Flugvermögen ausgezeichnet. So stellte ich gelegentlich früherer Untersuchungen (5) fest, daß dieser Blasenfuß bis zur Höhe von 1 m über dem Erdboden nur in verhältnismäßig geringer Menge fliegt, während er in der Höhenlage von 1—5,5 m zahlenmäßig stark vertreten ist. Seine Verteilung innerhalb dieser Zone war ziemlich gleichmäßig; eine mengenmäßige Abnahme nach oben hin war keineswegs festzustellen.

Priesner (7) berichtet, daß man zuweilen flügellose Exemplare findet; er vermutet, daß es sich um Individuen handelt, deren Flügel abgestoßen sind. Mir kam unter mehreren tausend Stücken nicht ein einziges derartiges Tier zu Gesicht. Flügellosigkeit dürfte demnach bei *H. aculeatus* relativ selten vorkommen.

d) Die Gesamtentwicklung.

Die Zeitspannen vom Schlüpfen der Junglarve bis zum Schlüpfen des Vollkerfs bei verschiedener Ernährung und Temperatur sind in Abb. 7 wiedergegeben. Danach verstrichen über der Gesamtentwicklung bei

Fütterung mit Blüten 18—34 Tage (Temperaturen: 20,1°—17,0° C) und bei der Aufzucht mit Roggenkörnern 31—47 Tage (Temperaturen: 20,4° bis 17,1° C). Die bei der Kornfütterung beobachtete Entwicklungshemmung erstreckte sich im einzelnen lediglich auf die beiden Larvenstadien; die Ruhestadien wurden nicht beeinflußt. -- Was die Stärke der Verzögerung anbetrifft, so steht einer Larvenzeit von durchschnittlich 28,1 Tagen in den Kornzuchten eine solche von durchschnittlich 15,1 Tagen in den Blütenkulturen gegenüber. Die Kornfütterung hatte also fast eine Verdoppelung der Larvenzeit zur Folge. Dabei fragt es sich, ob die beiden Larvenstadien gleich stark gehemmt wurden. Es wurde daher der prozentuale Anteil des ersten Larvenstadiums an der Gesamtlarvenzeit errechnet. Für die Roggenblüten- und Weizenblütentiere ergibt sich dabei, daß das erste Stadium im Durchschnitt 53% bezw. 54% der Larvenzeit ausmachte. Bei den Roggenkornzuchten betrug dieser Anteil durchschnittlich 50%.

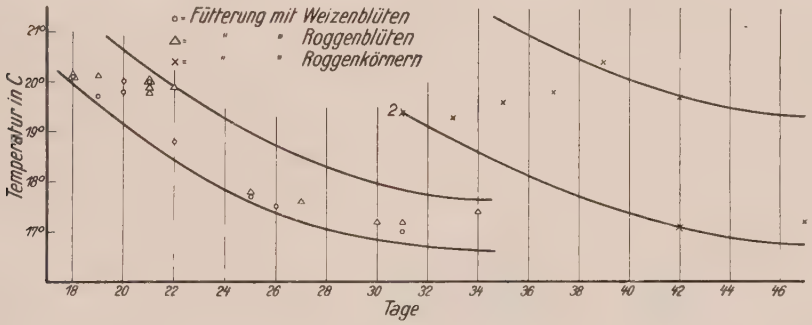


Abb. 7. Entwicklungsdauer vom Schlüpfen der Junglarve bis zum Schlüpfen des Vollkerfs von *H. aculeatus*.

Hier währte also das zweite Larvenstadium im Vergleich zum ersten etwas länger als in den Blütenzuchten.

Größenunterschiede der Vollkerfe in den einzelnen Zuchtserien konnten nicht festgestellt werden. — Ebensowenig ergaben sich Unterschiede hinsichtlich der Entwicklungsdauer der Männchen und Weibchen.

3. Der Generationsverlauf.

Lindemann (6) berichtet, daß *H. aculeatus* bei Moskau jährlich zwei Generationen aufweist. Da ich sowohl 1927 als auch 1928 in der Nähe von Kiel nur eine Jahresbrut feststellen konnte (4), schien es von Interesse, auch in Ostpreußen dieser Frage nachzugehen. Dazu wurden während der Vegetationsperiode im allgemeinen wöchentlich einmal auf verschiedenen Getreidefeldern je 50 Doppelschläge mit einem Insektenfangnetz[1]) durchgeführt, und zwar wurden Winterroggen, Winterweizen, Sommergerste, Hafer und außerdem ein mit verschiedenen Gräsern be-

[1]) Bügelumfang: 1 m; Tiefe des Netzes: 60 cm; Länge des Stockes: 1 m.

Tabelle 2.

Haplothrips aculeatus auf Winterroggen bei Königsberg i. Pr. im Jahre 1931 (nach Einheitsfängen zu je 50 Fangschlägen).

Datum	Stückzahl je Einheitsfang						Entwicklungsstadium der Pflanzen
	Junglarven	Altlarven	Vorpuppen und Puppen	Vollkerfe			
				frisch geschlüpfte	ausgefärbte	insgesamt	
17. 5.	—	—	—	—	2	2	30 cm hoch
24. 5.	—	—	—	—	29	29	vereinzelt Grannenspitzen sichtbar
31. 5.	—	—	—	—	397	397	Ähren fast sämtlich geschoben
7. 6.	7	—	—	—	418	418	in Blüte
14. 6.	1	—	—	—	194	194	abgeblüht
24. 6.	13	12	—	—	288	288	Länge des Korns beträgt die halbe Länge der Vorspelze
2. 7.	21	1	—	—	80	80	Länge des Korns beträgt $^3/_4$ der Länge der Vorspelze
11. 7.	17	37	12	4	23	27	
20. 7.	52	207	25	8	65	73	Korn reift
27. 7.	22	169	32	14	158	172	

standener Wegrain unter Beobachtung gehalten. Parallel zu diesen Fängen erfolgte die nähere Untersuchung einzelner Pflanzen.

Auf dem Winterroggen (s. Tab. 2) zeigten sich die ersten Vollkerfe vereinzelt am 17. Mai. Erst am 31. Mai, als fast sämtliche Ähren die Blattscheiden verlassen hatten, war ihre Zahl erheblich angewachsen: der Fang an diesem Tage brachte 397 Imagines. Gleichzeitig fand ich die ersten Eier. Letztere wurden in der Folge bis zum Ende der ersten Julidekade in großer Menge abgelegt; von da ab ließ die Ablage merklich nach. Junglarven wurden von der Zeit der Roggenblüte ab beobachtet. Ihre Zahl erreichte am 20. Juli den Höhepunkt. Sie waren aber auch noch später — bis zur Mahd — in beträchtlicher Anzahl auf dem Roggen vorhanden. Altlarven waren hauptsächlich in der letzten Julidekade vertreten. Die ersten Vorpuppen, Puppen und frischgeschlüpften Vollkerfe traten am 11. Juli auf; ihre Zahl nahm bis zu der am 30. Juli erfolgten Aberntung des Feldes ständig zu.

Auf dem Winterweizen (s. Tab. 3) erschienen die ersten Vollkerfe im Frühjahr zwei Wochen später als auf dem Roggen, nämlich am 31. Mai. Auch am Weizen schnellte ihre Zahl mit dem Schieben der Ähren (24. Juni) plötzlich stark in die Höhe. Etwas früher bereits, nämlich am 20. Juni, konnten vereinzelte Eier festgestellt werden. In den folgenden Wochen nahm ihre Zahl rasch zu und erreichte am 12. Juli das Maximum. Eine Woche später wurde die größte Zahl junger Larven gefangen,

Tabelle 3.

Haplothrips aculeatus auf Winterweizen bei Königsberg i. Pr. im Jahre 1931 (nach Einheitsfängen zu je 50 Fangschlägen).

Datum	Stückzahl je Einheitsfang						Entwicklungsstadium der Pflanzen
	Junglarven	Altlarven	Vorpuppen und Puppen	Vollkerfe			
				frisch geschlüpfte	ausgefärbte	insgesamt	
31. 5.	—	—	—	—	66	66	50 cm hoch
7. 6.	—	—	—	—	22	22	80 cm hoch
14. 6.	—	—	—	—	43	43	Ähren zum größten Teil geschoben
24. 6.	5	4	—	—	107	107	in Blüte
1. 7.	1	—	—	—	24	24	Länge des Korns beträgt die halbe
11. 7.	50	3	—	—	37	37	Länge der Vorspelze
20. 7.	215	60	—	17	108	125	
27. 7.	103	85	—	12	75	87	Korn reift
4. 8.	19	50	9	5	7	12	

nachdem diese in geringer Menge bereits am 24. Juni eingetragen worden waren. Das Hauptauftreten der Altlarven fällt in die dritte Julidekade. Bereits vorher müssen aber Vorpuppen und Puppen vorhanden gewesen sein, denn schon am 20. Juli zeigten sich die ersten jungen Vollkerfe. Daß in den folgenden beiden Wochen die Menge der Imagines auf dem Weizen abnahm, kann nur durch ihre Abwanderung vom reifen Korn erklärt werden. —

Nach vorliegenden Daten gelangte mithin am Winterroggen und am Winterweizen nur eine Generation zur Ausbildung, und zwar lag das Erscheinen sowohl der überwinterten Vollkerfe im Frühjahr als auch das der Imagines der neuen Generation im Sommer auf dem Winterweizen kalendermäßig später als auf dem Winterroggen. Vergleicht man jedoch das Auftreten der Vollkerfe mit dem jeweiligen Entwicklungsstadium der betreffenden Wirtspflanze, so sieht man, daß die Thripse sich in beiden Fällen annähernd gleich verhielten: die Hauptmasse der aus dem Winterlager abgewanderten Kerfe befiel beide Getreidearten während des Ährenschiebens, und die neue Generation war 9 Tage nach dem Zeitpunkt ausgebildet, an dem die Länge des jungen Kornes die Hälfte (Weizen) bezw. Dreiviertel (Roggen) von der Länge der Vorspelze erreicht hatte. —

Auf dem Hafer und der Sommergerste war *H. aculeatus* nur schwach vertreten. Vollkerfe wurden auf dem Hafer erstmalig am 30. Juni und an der Gerste am 24. Juni ermittelt. Auch an diesen beiden Halmfrüchten setzte ein relativ stärkerer Zuflug erst nach dem Schieben der Rispen bezw. Ähren ein. Das gleiche galt von dem am Hafer häufigen *Stenothrips graminum* U., wie aus den folgenden Fangzahlen hervorgeht:

Am 1. Juli (Hafer kurz vor dem Rispenschieben): 70 Stücke; am 11. Juli (Rispen zum Teil geschoben): 224 Stücke; am 20. Juli (Rispen sämtlich geschoben): 1394 Stücke. — Jugendstadien von *H. aculeatus* wurden sowohl an der Gerste als auch am Hafer vom 20. Juli ab bis Anfang August angetroffen.

Auf dem hauptsächlich mit Poa nemoralis, Dactylis glomerata, Lolium perenne und Festuca-Arten bestandenen Wegrain war *H. aculeatus* in der Zeit zwischen dem 28. Mai und dem 30. August[1]) vertreten. Seine Stückzahl in den Netzfängen war hier aber durchweg gering. Auch Larven traten nur sehr vereinzelt — und zwar in der ersten Julihälfte — auf. —

Das Auftreten der Jugendstadien an Hafer, Gerste und Gräsern fällt mithin zeitlich mit dem Vorhandensein der Brut am Wintergetreide zusammen. Offensichtlich handelt es sich dabei in beiden Fällen um die Nachkommenschaft der überwinterten Vollkerfe. — Für den Generationsverlauf bietet sich daher folgendes Bild: Die aus dem Winterlager abgewanderten Imagines befielen in der zweiten Maihälfte den Winterroggen und um die Monatswende Mai-Juni den Winterweizen. Ende Juni wurde auch Sommergetreide — aber in wesentlich schwächerem Maße als die Winterung — besiedelt. Die Eiablage setzte Ende Mai, und zwar zuerst auf dem Winterroggen, ein. Die ersten Vollkerfe der neuen Generation zeigten sich zu Beginn der zweiten Julidekade. — Weitere Bruten gelangten nicht zur Beobachtung. *H. aculeatus* wies demnach im Jahre 1931 bei Königsberg i. Pr. nur eine Generation auf.

4. Die mengenmäßige Verteilung von *H. aculeatus* auf die verschiedenen Getreidearten und andere Wirtspflanzen.

Nach Beling (1) ist *H. aculeatus* an „Roggen und Weizen, in geringerem Maße auch an Gerste" anzutreffen. Gleichsinnig äußern sich Szaniszló (9) und Lindemann (6). Auch nach Blunck (2) besiedelt die Art hauptsächlich den Roggen und den Weizen. Neben diesen beiden Halmfrüchten war in den Jahren 1927 und 1928 in Schleswig-Holstein (4) auch der Hafer verhältnismäßig stark befallen.

Zur Ermittlung des mengenmäßigen Vorkommens von *H. aculeatus* auf den im Jahre 1931 in Ostpreußen unter Beobachtung gehaltenen Feldern wurde errechnet, wie viele Imagines durchschnittlich pro Fang an den einzelnen Getreidearten erbeutet wurden. Einbezogen in die Berechnung sind nur die Fänge, in denen die Art auftrat. — Es fanden sich durchschnittlich:

am Winterroggen:	168	Vollkerfe
„ Winterweizen:	58	„
an der Gerste:	28	„
am Hafer:	23	„

[1]) Die Fänge wurden hier bis zum 5. Oktober fortgesetzt.

Tabelle 4.

Stärke des Auftretens von *Haplothrips aculeatus* an verschiedenen Getreidearten im Vergleich zu anderen Thysanopteren.

Getreideart	Stückzahl der insgesamt erbeuteten Thysanopteren		Prozentualer Anteil von *Haplothrips aculeatus* am Gesamtthysanopterenbestand
	Haplothrips aculeatus	andere Getreidethysanopteren	
W.-Roggen	1680	278	86 %
W.-Weizen	523	196	73 %
S.-Gerste	197	476	29 %
Hafer	162	1875	8 %

Die Zahlen bestätigen die oben erwähnten Literaturangaben; unter den Halmfrüchten stellen Roggen und Weizen die Hauptwirtspflanzen von *H. aculeatus* dar. Der Roggen war allerdings wesentlich stärker als der Weizen besiedelt. In weiterem Abstande folgen Gerste und Hafer. Erwähnt sei, daß die kontrollierten Felder unmittelbar benachbart lagen; verschiedene Lage- oder Bodenverhältnisse können für den unterschiedlichen Besiedlungsgrad nicht verantwortlich gemacht werden. —

Über die Stärke des Auftretens von *H. aculeatus* auf den verschiedenen Feldern im Vergleich zu anderen Thysanopteren gibt Tab. 4 Aufschluß. Darin ist der auf den einzelnen Fangplätzen erbeuteten Gesamtzahl von *H. aculeatus* diejenige der übrigen Thysanopteren gegenübergestellt. Die letzte Spalte gibt den prozentualen Anteil von *H. aculeatus* an dem Gesamtthysanopterenbestand wieder. Nicht mit einbezogen in die Berechnung sind die Jugendstadien. — Die Tabelle zeigt, daß *H. aculeatus* sowohl am Roggen als auch am Weizen den weitaus größten Bestandteil der Thysanopterenbevölkerung ausmachte: 86 % der am Roggen und 73 % der am Weizen gefangenen Blasenfüße waren auf diese Art zu beziehen. Umgekehrt lagen die Verhältnisse an der Gerste und am Hafer: hier gehörten nur 8 % und an der Gerste nur 29 % der Thysanopteren unserer Art an. —

Neben unseren Getreidearten besiedelt *H. aculeatus* zahlreiche andere Pflanzen. Besonders auf Gräsern ist er weit verbreitet (1, 10, 7). Im einzelnen wurde er auf Alopecurus pratensis (8), Cynosurus cristatus (1), Phragmites (7) und an Mais (2) gefunden; an Poa nemoralis, Dactylis glomerata und Lolium perenne konnte ich die Art weiterhin nachweisen. Aber auch an Cyperaceen (7) ist *H. aculeatus* beobachtet worden. — Über sein Auftreten an Compositen berichten Blunck (2) und Szaniszló (9); insbesondere soll er in den Blüten von Chrysanthemum leucanthemum (9) und Centaurea jacea (1) häufiger zu finden sein. — Szaniszló (9) hat *H. aculeatus* an verschiedenen Trifolium-Arten angetroffen. — Verfasser sah

ihn im Frühjahr in Blüten von Anemone nemorosa (4). Nach Priesner (7) wurde die Art als Larve in Anzahl auch an Plantago und Rumex gefunden; einzeln trifft man die Larven nach dem gleichen Autor „auf den verschiedensten Pflanzen" an. —

Gelegentlich zeigt *H. aculeatus* auch carnivore Neigungen. So wurde er von Bremer (3) beim Aussaugen von Rübenfliegeneiern angetroffen. —

5. Die Bedeutung der unterschiedlichen Entwicklungsdauer für den Generationsverlauf.

Wie die Ergebnisse der Zuchten gezeigt hatten, entwickelt sich die Brut von *Haplothrips aculeatus* an Getreideblüten wesentlich schneller als an den jungen Körnern. Hier nahm die Entwicklungsdauer vom Schlüpfen der Junglarve bis zum Schlüpfen des Vollkerfs 31—47 Tage in Anspruch, während der gleiche Entwicklungsabschnitt bei Ernährung mit Blüten nur 18—34 Tage währte. Es ist anzunehmen, daß *H. aculeatus* sich im Freien ebenso verhält. Da nach den Beobachtungen über den Generationsverlauf die überwinterten Vollkerfe ihre Eier zum Teil an die jungen Getreideblüten bald nach dem Schieben der Ähren, zum Teil aber auch an den Ährchen erst dann ablegen, wenn die Körner heranwachsen, finden die schlüpfenden, einer Generation angehörenden Larven verschiedene Nahrungssubstrate und somit verschiedene Entwicklungsbedingungen vor; die zuerst abgelegten Eier liefern schneller Vollkerfe als die später abgesetzten. (Bei dieser Erwägung soll von den Einflüssen der Temperatur und Feuchtigkeit auf die Entwicklungsgeschwindigkeit abgesehen werden.) Das Erscheinen der Imagines der neuen Generation wird sich daher über einen größeren Zeitraum hinziehen, als nach der Dauer der Eiablageperiode zu erwarten steht; d. h. es tritt eine Verwischung der Generationsgrenzen durch unterschiedliche, jedoch im Rahmen des normalen Entwicklungsverlaufs liegende Ernährungsverhältnisse ein. Im Einzelfall wird der Grad dieser Verwischung allerdings durch die jeweiligen Witterungsverhältnisse stark beeinflußt werden.

6. Literatur.

1. Beling, T., Ein dem Getreide schädliches Insekt. In: Verh. zool.-bot. Ges. Wien, Bd. 22, S. 651—654, 1872.
2. Blunck, H., Thysanopteren. In: Sorauer, Handb. der Pflanzenkrankh. Bd. 4, S. 246 bis 270, 1925.
3. Bremer, H., und Kaufmann, O., Die Rübenfliege. Monographien zum Pflanzenschutz Nr. 7, Berlin 1931.
4. Körting, A., Beitrag zur Kenntnis der Lebensgewohnheiten und der phytopathogenen Bedeutung einiger an Getreide lebender Thysanopteren. In: Zeitschr. f. angew. Entom. Bd. 16, H. 3, S. 451—512, 1930.

5. Körting, A., Beobachtungen über die Fluggewohnheiten der Fritfliege und einiger Getreidethysanopteren. In: Zeitschr. f. angew. Entom. Bd. 18, H. 1, S. 154—160, 1931.
6. Lindemann, K., Die am Getreide lebenden Thripsarten Mittelrußlands. In: Bull. Soc. Imp. Moscou, Vol. 62, S. 296—337, 1886.
7. Priesner, H., Die Thysanopteren Europas. 1928.
8. Reuter, E., Über die Weißährigkeit der Wiesengräser in Finnland. In: Acta Soc. pro Fauna et Flora Fennica 19, Nr. 1, 1900.
9. Szaniszló, In: Verh. zool.-bot. Ges. Wien, Bd. 29, S. 33—36, 1880.
10. Trybom, In: Ent. Tidskr., Arg. 16, S. 157—194, 1895.

Beiträge zur Kenntnis der Biologie von Agriotes lineatus L. und Agriotes obscurus L.

(II. Teil.)

Von

Dr. **R. Langenbuch.**

(Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Zweigstelle Kiel, jetzt Zweigstelle Aschersleben.)

(Mit 1 Abbildung.)

B. Wirkung starker Kainitgaben auf die Fraßtätigkeit der Drahtwürmer.

Unter den verschiedenen, meist aus der Praxis heraus für eine Drahtwurmbekämpfung im großen empfohlenen chemischen Mitteln würde der Staubkainit, wenn seine Eignung als Bekämpfungsmittel erwiesen wäre, wegen seines geringen Preises und seiner leichten Beschaffbarkeit besondere Beachtung verdienen, zumal seine Eigenschaft als Düngemittel den Landwirt auch in solchen Fällen, in denen die Wirkung gegen die Drahtwürmer nicht voll befriedigte, für die aufgewandten Kosten entschädigt.

Gegenstand der Untersuchung war die Beantwortung der Fragen:

1. Sind Drahtwürmer durch eine Düngung mit Kainit erfolgreich zu bekämpfen?

und bei positivem Ergebnis

2. Auf welcher Eigenschaft des Kainits beruht seine Wirkung?

Die Arbeit mußte von mir, wie bereits eingangs erwähnt, aus äußeren Gründen vorzeitig abgebrochen werden und daher auf Laboratoriumsversuche beschränkt bleiben.

Taillefert (1921) empfiehlt eine Kainitgabe von 8—24 Ztr. je Hektar und bei Ausbleiben von Niederschlägen eine nachfolgende Bewässerung des Bodens, um die Ätzwirkung zu beschleunigen. Wiegand (1924) erzielte auf einem drahtwurmverseuchten Rübenschlag in zwei aufeinanderfolgenden Jahren gute Erfolge mit 12 Ztr. Staubkainit je Hektar als Kopfdünger und nachfolgender Bodenbewässerung bei Ausbleiben von Regen-

fall. Korff (1922), Weinzierl (1923) und andere berichten über ähnliche Ergebnisse. Nach Comstock und Slingerland (1891), welche die Eignung einer großen Anzahl chemischer Mittel für die Drahtwurmbekämpfung eingehend untersucht haben, ist die Wirkung des Kainits, wenn von einer solchen überhaupt die Rede sein kann, selbst bei sehr starken Gaben nur gering.

Eigene Freilandversuche 1927 und 1928 wurden durch ein Massenauftreten der Fritfliege und durch schwere Mangelerscheinungen infolge mehrmaligen Anbaues von Hafer nach Hafer so stark beeinträchtigt, daß eine Auswertung nicht möglich war. In Zylinderversuchen mit mehreren Erdschichten verschiedenen Feuchtigkeitsgehaltes über- und nebeneinander wurden von den Drahtwürmern in Übereinstimmung mit den Untersuchungen von Flachs (1928) die feuchteren Schichten stets auch dann bevorzugt (vgl. S. 292), wenn sie eine starke Kainitgabe, die trockneren eine solche nicht erhalten hatten. Die als Futter gereichten Kartoffelscheiben, die in den trockneren Schichten Fraßspuren aufwiesen, blieben dann in den gedüngten Schichten gänzlich unberührt, was aber, wie wir früher gesehen haben, in den feuchteren Schichten mit einem Wassergehalt über 60% ihrer Wasserkapazität auch ohne Kainitgabe beobachtet wurde und daher nicht als Folge der Düngung gewertet werden durfte. Eine andere Versuchsanordnung führte zu eindeutigen Ergebnissen:

Ein 10 qcm im Querschnittt messender Glaszylinder wurde in der auf Seite 292 geschilderten Weise mit 4 Erdschichten (2 Teile lehmiger Sand, 1 Teil Moorerde) mittlerer Feuchtigkeit (60% ihrer Wasserkapazität) gefüllt und in beliebiger Anordnung 2 Schichten eine Kainitmenge von 0,2 bezw. 0,4 g auf 100 g lufttrockenen Boden zugesetzt.

Bei Anwendung der empfohlenen Höchstmenge von 24 Ztr. je Hektar beträgt die auf 10 qcm Oberfläche entfallende Kainitmenge 0,12 g. 100 g des lufttrockenen Bodens, der mit Rücksicht auf die Lebensbedürfnisse der Laven von *Agriotes lineatus* zu einem Drittel aus Moorerde bestand, nahmen in dem 10 qcm im Querschnitt messenden Zylinder eine Höhe von 12 cm ein und hatten eine Wasserkapazität von 56,5 Gewichtsprozenten. Wegen der großen Absorptionskraft und Wasserkapazität der Moorerdebeimengung wurde die Kainitgabe auf mindestens 0,2 g auf 10 qcm Oberfläche und 12 cm Tiefe erhöht. Um eine gleichmäßige Verteilung des Kainits im Boden zu erreichen, wurde das Salz in der jeweiligen Wassermenge gelöst und diese mit dem Boden gründlich vermischt. Ein mittlerer Feuchtigkeitsgehalt von 60% der Wasserkapazität des Bodens wurde gewählt, weil erfahrungsgemäß bei einer höheren Feuchtigkeitsmenge lebende Pflanzen auch in ungedüngtem Boden häufig unberührt bleiben und bei einer geringeren die der Vorschrift, daß die Kainitgabe möglichst unmittelbar vor einem stärkeren Regen oder mit nachfolgender künstlicher Bewässerung anzuwenden ist, entsprechenden Bedingungen nicht erfüllt sein würden. Die Temperatur des Versuchsraumes fiel während

Tabelle II.

Versuch Nr.	Schicht I ungedüngt		Schicht II mit 0,2 g Kainit (Vers. 1 u. 3) 0,4 g Kainit (Vers. 2)		Schicht III ungedüngt		Schicht IV mit 0,2 g Kainit (Vers. 1 u. 3) 0,4 g Kainit (Vers. 2)	
	Zahl der Drahtwürmer in % der Gesamtzahl	Stärke des Fraßes	Zahl der Drahtwürmer in % der Gesamtzahl	Stärke des Fraßes	Zahl der Drahtwürmer in % der Gesamtzahl	Stärke des Fraßes	Zahl der Drahtwürmer in % der Gesamtzahl	Stärke des Fraßes
1	50%	—	13,33% 2 Drahtwürmer tot u. angefressen	—	30% 1 Drahtwurm tot u. angefressen	—	6,66%	—
2	26,66%	normal	11,66% 5 Drahtwürmer tot u. angefressen	0	56,66%	mäßig	5%	minimal
3	46,66%	normal	15%	0	26,66%	stark	11,66% 1 Drahtwurm tot u. angefressen	0
Durchschnittlich	41,1%	—	13,3%	—	37,8%	—	7,8%	—

der 3 tägigen Versuchsdauer nachts auf Min. + 12°, + 13° und + 12° C, stieg im Laufe des Vormittages auf Max. + 18°, + 18° und + 19° C und wurde bis nachmittags 17 Uhr auf dieser Höhe gehalten.

Jede Schicht enthielt bei Versuchsbeginn eine Kartoffelscheibe und 15 Larven von *Agriotes lineatus* und *obscurus*, die nach Überwinterung in Freilandzuchten bis zum Eintritt normaler Fraßtätigkeit im geheizten Laboratorium gehalten worden waren. Tabelle II gibt den Befund von 3 in der Zeit vom 1.—4. März 1929 durchgeführten Versuchen nach 72 Stunden wieder. Während die beiden ungedüngten Schichten zusammen durchschnittlich 78,8% der ursprünglich gleichmäßig verteilten Larven enthielten, beträgt die Durchschnittszahl der in den beiden mit Kainit gedüngten Schichten aufgefundenen Drahtwürmer einschließlich 4,8% toter Individuen insgesamt nur 21,1%. Wie aus der gleichen Tabelle hervorgeht, waren die Kartoffelscheiben in den ungedüngten Schichten normal bis stark, in den gedüngten aber nur ganz minimal, meist gar nicht befressen. Die toten Larven, welche mit Ausnahme einer einzigen nur in den gedüngten Schichten gefunden wurden, waren sämtlich angefressen, zum Teil vollkommen ausgehöhlt. Ob die Kainitgabe oder der Kannibalismus die primäre Todesursache war, konnte daher nicht festgestellt werden. Da

in den früheren Versuchen ähnlicher Anordnung, aber ohne Kainitgabe Verluste nicht zu verzeichnen waren, neige ich zu der Annahme, daß die Larven zwar dem Kannibalismus zum Opfer fielen, daß dieser aber durch die Kainitdüngung ausgelöst wurde.

In den Versuchen mit übereinander gelagerten Schichten verschiedenen Feuchtigkeitsgehaltes hatten die Drahtwürmer stets die feuchtesten Schichten bevorzugt, auch wenn diese mit einer Kainitlösung, die trockneren dagegen mit Wasser angefeuchtet waren. In den zuletzt geschilderten Versuchen mit einem für alle Schichten gleichen, mittleren Feuchtigkeitsgehalt wurden aber die beiden Schichten gemieden, welche mit einer Kainitlösung derselben Konzentration angefeuchtet waren, wie sie in den vorhergehenden Versuchen angewandt wurde. Bei verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt benachbarter Erdschichten entschied also die Feuchtigkeitsmenge, bei gleichem, mittlerem Feuchtigkeitsgehalt dagegen die Kainitgabe über den Aufenthalt der Larven. Die Fraßtätigkeit war in den kainitgedüngten Schichten beider Versuchsreihen übereinstimmend praktisch gleich Null.

Auf welcher Eigenschaft des Kainits beruht diese abschreckende bezw. fraßmindernde Wirkung auf die Drahtwürmer? Diese Frage wurde näher untersucht, weil ihre Beantwortung möglicherweise den Schlüssel für eine erfolgreiche Bekämpfung der Drahtwürmer auch mit anderen Mitteln liefern konnte. Nach Taillefert, Korff und anderen handelt es sich um eine Ätzwirkung. Die geschilderten Ergebnisse sowohl wie theoretische Erwägungen lassen die Richtigkeit dieser an sich naheliegenden Annahme aber zweifelhaft erscheinen. Bei Vorliegen einer Ätzwirkung hätte diese in beiden Versuchsreihen zu gleichen Ergebnissen führen müssen, da in beiden Fällen zur Anfeuchtung der betreffenden Schichten zwar mengenmäßig verschiedene, in ihrer Konzentration aber gleiche Kainitlösungen verwandt wurden. Es ist ferner wenig wahrscheinlich, daß eine so schwache Lösung, wie sie bei der Düngung auf dem Felde und in den genannten Versuchen vorliegt, auf die — wegen ihres harten Chitinpanzers „Drahtwürmer“ genannten — Elateridenlarven eine merkliche „Ätzwirkung“ auszuüben vermag. Einen Anhalt über die Höhe der Konzentration der Kainitlösung, welche bei einer mittleren Bodenfeuchtigkeit und einer Kainitgabe von 0,2 g auf 100 g lufttrockenen Boden theoretisch im Höchstfalle im Boden entsteht, liefert folgende Berechnung: zur Anfeuchtung von 100 g des in den Versuchen verwandten Bodens bis zu 60% seiner 56,5 Gewichtsprozente betragenden Wasserkapazität sind 33,9 ccm Wasser erforderlich. 0,2 g Kainit auf 33,9 ccm Wasser ergibt eine 0,59 prozent. Lösung, wenn wir die Absorption des Bodens und andere, die Konzentration herabsetzende Faktoren unberücksichtigt lassen. Der für die Versuche verwandte Kainit hatte laut Analyse durch die wissenschaftliche Abteilung des deutschen Kalisyndikates folgende Zusammensetzung:

KCl	33,65%
NaCl	63,16%
$MgSO_4 . H_2O$	2,07%
Unlöslich	1,16%,

bestand also zu annähernd $^2/_3$ seines Gewichtes aus Natriumchlorid, dem bei der hier in Betracht kommenden, weit unter dem Salzgehalt des Meerwassers liegenden Konzentration eine Ätzwirkung sicher ebensowenig zugesprochen werden kann wie den übrigen, prozentual in weit geringeren Mengen vertretenen Komponenten des Kainits.

Bei dem überragenden Einfluß der Feuchtigkeitsverhältnisse im Boden auf die Lebens-, insonderheit die Fraßgewohnheiten der *Agriotes*-Larven lag es nahe, die Ursache für die Abneigung der Drahtwürmer gegen starke Kainitgaben in einer Störung ihres labilen Wasserhaushaltes zu suchen. Es war sehr wohl denkbar, daß das normale Verhältnis zwischen der Saugkraft des Bodens und den osmotischen Werten der Drahtwurmkörpersäfte durch eine Düngung mit stark hygroskopischen Salzen in einem für die Drahtwürmer ungünstigen Sinne verschoben wird.

Tacke (1930) hat nachgewiesen, daß Weißhafer in einem mit Kainit gedüngten, von einem gewissen Zeitpunkt ab nicht mehr bewässerten Boden bereits bei beträchtlich höherer Bodenfeuchtigkeit zu welken, d. h. der Saugkraft des Bodens zu unterliegen beginnt als in einem Boden, welcher unter sonst gleichen Versuchsbedingungen die gleiche Kalimenge in Form des reinen KCl, also ohne die stark hygroskopischen Nebensalze erhalten hat.

Der Chitinpanzer der Drahtwürmer, welcher bei Aufenthalt der Larven an freier Luft eine schnelle Austrocknung nicht zu verhindern vermag, konnte möglicherweise auch gegen einen Wasserentzug auf osmotischem Wege einen ungenügenden Schutz darstellen. War dies der Fall, so mußte die durch eine Kainitgabe herbeigeführte Konzentrationssteigerung des Bodenwassers durch Wasserentzug eine Gewichtsabnahme der Versuchstiere und eine Konzentrationssteigerung ihrer Blutflüssigkeit zur Folge haben, die in einer gesteigerten Leitfähigkeit des Blutes zum Ausdruck kommen mußte.

Eine von Robinson (1926) angegebene Methode zur Bestimmung der Leitfähigkeit von Körpersäften lebender Insektenlarven, welche die Verwendung einstechbarer Elektroden und einer Gleichstromquelle vorsieht, lieferte keine zufriedenstellenden Ergebnisse, weil eine Polarisation, vor allem eine Verletzung der Darmwände und damit eine Verunreinigung der Blutflüssigkeit mit dem hinsichtlich seiner Leitfähigkeit unkontrollierbaren Darminhalt nicht zu verhindern war. Die Polarisation vermied ich durch die Verwendung einer Wechselstromquelle (Summer), welche freilich die umständliche Benutzung einer Wheatstoneschen Brücke und statt der bequemen Galvanometerablesung die Feststellung eines Tonminimums vermittels eines Telefons erfordert. Als Gefäß zur Aufnahme der zu untersuchenden, jeweilig nur wenige Kubikmillimeter betragenden Flüssigkeitsmenge diente eine beiderseits offene und geschliffene, dickwandige Glaskapillare von 0,75 mm lichter Weite und 1 cm Länge (Abb. 13). Als Elektroden verwandte ich 2 kurze Platindrähte von 0,5 mm Stärke, welche aus der oberen Innenseite zweier einander gegenüberstehender, federnder Messingdrähte herausragten und an ihrer Basis zur Abdichtung des die Flüssigkeit enthaltenden Glasröhrchens ein Gummischeibchen trugen. Die Isolierung der beiden

federnden Elektrodenhalter wurde durch ihre Anbringung auf einer Ebonitplatte erreicht. Der Vergleichswiderstand bestand aus einer einseitig geschlossenen, mit einer Natriumchloridlösung gefüllten Glasröhre, deren Öffnung mit einem von 2 Platindrähten durchbohrten Gummistopfen verschlossen war. Die Größe dieses Widerstandes konnte durch Verschiebung der Platindrähte innerhalb des Stopfens auf den in Betracht kommenden Meßbereich abgestimmt werden und blieb, wie regelmäßig vorgenommene Kontrollmessungen zeigten, lange Zeit konstant.

Bei jeder Messung wurde folgendermaßen verfahren:

Nachdem die Glaskapillare mit destilliertem Wasser gründlichst gereinigt und mit einem winzigen, vermittels einer vorn abgestumpften Insektennadel hindurchgeschobenen Fließpapierstopfen getrocknet war, wurde dem zu untersuchenden, vorher ebenfalls gewaschenen und mit Fließpapier abgetrockneten Drahtwurm durch einen parallel zu seiner Längsachse geführten Nadelstich in den Rücken zwischen Kopf und 1. Brustsegment eine kleine Wunde beigebracht, aus welcher nach Zurückziehung der Nadel sofort die Blut-

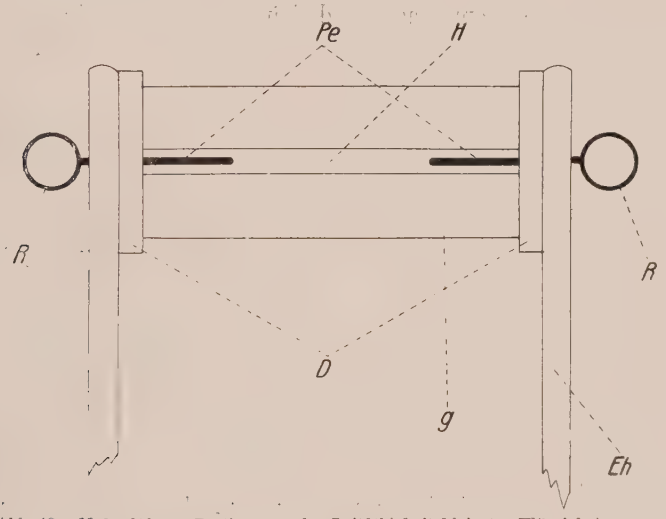


Abb. 13. Meßgefäß zur Bestimmung der Leitfähigkeit kleinster Flüssigkeitsmengen.
D Gummischeibchen, *Eh* federnder Elektrodenhalter, *G* Glaskapillare, *H* Hohlraum zur Aufnahme der Flüssigkeit, *Pe* Platinelektroden, *R* deren ringförmiges Ende zur Aufnahme der Verbindungsdrähte.
Vergr. 5fach.

flüssigkeit in Gestalt eines stark lichtbrechenden, klaren Tröpfchens heraustrat; dieses wurde von der vorsichtig herangebrachten Kapillare selbsttätig bis zu deren vollständiger Füllung aufgesogen. Dann wurden die beiden federnden Elektrodenhalter nach vorheriger Waschung und Trocknung der Elektroden auseinandergebogen und letztere unter entsprechender Entspannung der beiden Halter in die beiden Öffnungen der Kapillare eingeführt. Bei weiterer Entspannung der Halter dichteten diese dann vermittels der beiden Gummiplättchen die gefüllten Kapillare luftdicht ab. Die eigentliche Leitfähigkeitsbestimmung geschah in der üblichen Weise durch Verschiebung eines Kontaktes auf dem Meßdraht der Wheatstoneschen Brücke und Ermittlung des Skalenwertes, bei welchem das Tonminimum lag. Bei der gewählten Anordnung entspricht einer Leitfähigkeitszunahme ein Abfall des Skalenwertes, bei welchem sich das Tonminimum einstellt.

Um zunächst Aufschluß über den Leitfähigkeitswert der Drahtwurmblutflüssigkeit im Vergleich zu dem der Körpersäfte anderer Insektenlarven zu gewinnen, wurden die gleichen Messungen außer an *Agriotes*-Larven an Mehlwürmern (den Larven von *Tenebrio molitor*) und Erd-

raupen der Art *Agrotis segetum* vorgenommen. Je 4 Einzelmessungen ergaben im Durchschnitt folgende Werte:

Mehlwurm . . . . . Tonminimum bei 531
Erdraupe . . . . . „ „ „ 620
Drahtwurm . . . . . „ „ „ 638

Ein Vergleich des Skalenwertes für die *Tenebrio*-Larven mit dem der ihnen sehr ähnlichen Drahtwürmer läßt in Übereinstimmung mit den Kryoskopuntersuchungen Munkelts (1926) eine wesentlich höhere Konzentration der Mehlwurmkörpersäfte erkennen, welche diese im Gegensatz zu den Drahtwürmern meist in sehr wasserarmen Medien lebenden Larven vor Austrocknung schützt. Die nur nachts oder bei feuchter Witterung oberirdisch fressenden, am Tage und häufig ausschließlich unterirdisch lebenden Erdraupen zeigten eine mit der der Drahtwürmer annähernd übereinstimmende Blutkonzentration.

Nachdem diese orientierenden Vorversuche die Brauchbarkeit der Apparatur ergeben hatten, konnten die Untersuchungen über eine physiologische Veränderung der Drahtwurmkörpersäfte durch starke Kainitgaben in Angriff genommen werden.

Zur Feststellung, inwieweit die Leitfähigkeitssteigerung der Blutflüssigkeit von der Menge der Bodenfeuchtigkeit und damit von der Konzentration der Bodenlösung abhängig ist, wurden 3 Gefäße mit der gleichen Menge gewaschenen Quarzsandes, der gleichen Kainitgabe (20 Ztr je Hektar) und je 20 annähernd ausgewachsenen Drahtwürmern der Art *Agriotes lineatus*, deren Gesamtgewicht je Gefäß vorher bestimmt war, beschickt, aber verschieden stark angefeuchtet, nämlich Gefäß 1 zu 30%, Gefäß 2 zu 60% und Gefäß 3 zu 90% der Wasserkapazität des Sandes. Nach 24 stündiger Versuchsdauer wurden erneut das Gesamtgewicht der Drahtwürmer aus jedem Gefäß und die Leitfähigkeit ihrer Blutflüssigkeit in je 6 Einzelmessungen ermittelt. Das Ergebnis ist in Tabelle III wiedergegeben. Die bei sämtlichen Versuchstieren aus den gedüngten Gefäßen zu verzeichnende Leitfähigkeitssteigerung der Blutflüssigkeit erreicht bei

Tabelle III.

Kainitmenge	Bodenfeuchtigkeit in % der Wasserkapazität des Sandes	Gewicht von 20 Drahtwürmern bei Versuchsbeginn g	Gewicht von 20 Drahtwürmern bei Versuchsende g	Gewichtszunahme %	Gewichtsabnahme %	Tonminimum (Durchschnitt von 6 Einzelmessungen) bei	Leitfähigkeitssteigerung in Skaleneinheiten
20 Ztr. je ha	30	0,657	0,632	—	3,8	606	14
20 Ztr. je ha	60	0,688	0,688	—	—	571	49
20 Ztr. je ha	90	0,652	0,655	0,46	—	595	25
Ungedüngte Kontrolle	60	—	—	—	—	620	—

einer mittleren Bodenfeuchtigkeit den höchsten Wert, während die bei einer Feuchtigkeitsmenge von 30% erkennbare Gewichtsabnahme der Larven bei höherer Wassergabe und damit einhergehender Verdünnung der Bodenlösung wahrscheinlich durch Aufnahme von Bodenfeuchtigkeit durch den Mund wieder aufgehoben werden kann. Es ist anzunehmen, daß eine Konzentrationssteigerung der Blutflüssigkeit ein verstärktes Durstgefühl auslöst, welches die Larven durch Aufnahme der Bodenlösung zu stillen versuchen. Dafür spricht außer dem Ergebnis späterer Versuche der weitere Befund, daß die durch eine Kainitdüngung bewirkte Konzentrationssteigerung der Blutflüssigkeit Werte erreichte, die selbst bei solchen Larven, die infolge Aufenthaltes in trockener Zimmerluft bis zu 20% ihres Gewichtes verloren hatten, nicht beobachtet wurden und nur die Deutung zulassen, daß außer einem Wasserentzug auf osmotischem Wege auch ein Übertritt von Salzionen aus der Bodenlösung durch die Darmwandung in die Blutflüssigkeit stattfindet, deren Konzentration dadurch eine weitere Steigerung erfährt.

Zweifellos hat die Anreicherung der Körpersäfte mit Salzionen Störungen der Funktion von Muskulatur und Nervensystem zur Folge. Nach 24 stündigem Aufenthalt in einer 0,59 prozent. Kainitlösung zeigte ein Teil der Larven von *Agriotes obscurus* eine herabgesetzte Beweglichkeit, war auffallend langgestreckt und hatte, unter normale Bedingungen zurückgebracht für längere Zeit die Fähigkeit zu koordinierten Bewegungen der Gliedmaßen eingebüßt. Diese Erscheinungen verloren sich aber wieder unter natürlichen Lebensbedingungen nach Stunden oder Tagen.

Für nähere Untersuchungen über die Wirkungsart und -stärke der einzelnen Bestandteile des Kainits wählte ich außer den Larven von *Agriotes obscurus* solche einer Köcherfliege und die rote Abart der Schlammschnecke *Limnaea stagnalis*, weil ihre Unterbringung in einer Versuchslösung keine prinzipielle Veränderung ihres natürlichen Lebensraumes bedeutet und die schwache Pigmentierung der Schneckengehäuse eine Beobachtung der Vorgänge im Innern zuläßt, was bei Drahtwürmern wegen der Undurchsichtigkeit ihres Chitinpanzers nicht möglich ist. Untersucht wurde das Verhalten annähernd gleichgroßer Tiere in Lösungen der 3 Komponenten des Kainits NaCl, KCl und $MgSO_4$, deren Konzentrationen den Anteilen der einzelnen Salze in einer 0,59 prozent. Kainitlösung entsprachen. Vor Einsetzung der Tiere in die Lösungen wurde in den Schneckenversuchen die Zahl der in einem Zeitraum von 10 Sekunden erfolgenden Herzkontraktionen, in den Drahtwurmversuchen die Länge eines jeden einzelnen Tieres bestimmt.

Ergebnis der Köcherfliegenlarvenversuche nach 48 Stunden:

Kainitlösung 0,59%	NaCl-Lösung 0,37%	KCl-Lösung 0,2%	$MgSO_4$-Lösung 0,012%
alle Larven tot	66,6% der Larven tot	alle Larven tot	alle Larven leben und fressen

Ergebnis der Schneckenversuche nach 5 Stunden:

	Wasser	NaCl-Lösung 0,37%	KCl-Lösung 0,2%	$MgSO_4$-Lösung 0,012%
Zahl der Herzschläge in 10 Sekunden (Durchschnitt von 10 Zählungen)	7,4	5,2	3,2	5,2
Gesamtbild		Tiere kriechen normal, fressen nicht	Tiere liegen am Boden, haben sich in das Gehäuse zurückgezogen, nicht gefressen, die Kriechsohle macht schwache, pendelnde Bewegungen. Herzschlag flach und unregelmäßig	Tiere zeigen normales Verhalten, fressen eifrig

Beide Versuchsreihen liefern annähernd das gleiche Bild: schwerste Schädigung der Versuchstiere in der KCl-, weniger schwere in der NaCl- und, von einer schwachen Herabsetzung der Pulszahl bei den Schnecken abgesehen, keine erkennbare Beeinträchtigung der Lebensfunktionen in der $MgSO_4$-Lösung.

Ergebnis der Drahtwurmversuche nach 48 Stunden:

NaCl-Lösung 0,37%	KCl-Lösung 0,2%	$MgSO_4$-Lösung 0,012%
Tiere mehr oder weniger gekrümmt, geringe Längenzunahme (0—6,6%) schwache Bewegungen, nicht steif	Tiere auffallend langgestreckt, Längenzunahme 6,6—20%, ohne Bewegung, steif und hart	Tiere normal, Länge unverändert

Auch in dieser Versuchsreihe ist die schädigende Wirkung der beiden Hauptbestandteile des Kainits in der Reihenfolge KCl > NaCl deutlich erkennbar. $MgSO_4$ scheint in der hier in Betracht kommenden Konzentration auch die Drahtwürmer nicht zu schädigen. Die nach Versuchsbeendigung keinerlei Bewegung mehr zeigenden, übermäßig gestreckten und stocksteifen KCl-Drahtwürmer erholten sich ebenso wie die NaCl-Tiere unter natürlichen Bedingungen innerhalb 24 Stunden wieder so weit, daß sie von normalen Larven nicht mehr unterschieden werden konnten. Die Härte und Steifheit der bis zur Dehnungsgrenze der Intersegmentalhäute verlängerten Tiere hatte ihre Ursache in einer übermäßigen Füllung des Darmes mit Flüssigkeit. Ein Nadelstich in das letzte Abdominalsegment, in welches der Darm nicht hineinreicht, ließ einen kleinen Tropfen Blutflüssigkeit, ein weiterer in den Darm selbst eine größere Menge Flüssigkeit austreten, worauf die Tiere erschlafften, ohne sich sogleich auf normale Länge zu verkürzen, und schwache Bewegungen zeigten.

Die extreme Füllung des Darmes mit Salzlösung wurde lediglich in KCl, hier aber bei allen Tieren beobachtet, stellt also offenbar eine Reaktion auf einen spezifischen Reiz der K-Ionen dar, welche nach Höber (1926) in höheren Konzentrationen als starkes Muskel- und Nervengift wirken.

Dafür, daß diese Folgen einer KCl-Einwirkung einen Wasserentzug auf osmotischem Wege und eine damit einhergehende Konzentrationssteigerung der Drahtwurmkörpersäfte zur Voraussetzung hatten, spricht der weitere Befund, daß nur im Frühjahr bezw. im Sommer untersuchte Larven von *Agriotes obscurus* das geschilderte Bild zeigten, während direkt aus dem Winterquartier entnommene Larven ohne erkennbare Schädigung 45 Tage bis zum Abbruch des Versuches in einer 0,2 prozent., sogar einer 1 prozent. KCl-Lösung gehalten werden konnten. Nach Robinson (1927) ist nämlich bei überwinternden Insekten eine weitgehende Absorption des freien Körperwassers durch Oberflächenkräfte der kolloidalen Partikelchen und bei manchen damit einhergehend eine Konzentrationssteigerung der Körpersäfte zu beobachten. Die durch diese Vorgänge bedingte Gefrierpunktserniedrigung der Körpersäfte stellt einen Schutz gegen tiefe Wintertemperaturen dar. Ob die überwinternden Drahtwürmer ihre große Widerstandsfähigkeit gegen tiefe Temperaturen einer mit der Bindung des freien Körperwassers im Robinsonschen Sinne einhergehenden Konzentrationssteigerung der Blutflüssigkeit verdanken, konnte aus äußeren Gründen experimentell nicht geprüft werden. Aber auch bei Verzicht auf die Annahme einer Konzentrationssteigerung der Körperflüssigkeit überwinternder Drahtwürmer würde die während der Überwinterung zu beobachtende weitgehende Adsorption des freien Körperwassers durch die kolloidalen Partikelchen genügen, einen Wasserverlust auf osmotischem Wege zu erschweren oder unmöglich zu machen und das Ausbleiben der Reaktion überwinternder Drahtwürmer auf eine KCl-Einwirkung als Folge eines erschwerten oder unmöglich gemachten Wasserentzugs auf osmotischem Wege darzutun.

Zusammenfassung.

Die Ergebnisse der Versuche über die Eignung des Kainits als Drahtwurmbekämpfungsmittel fasse ich dahingehend zusammen:

Die Larven von *Agriotes obscurus* und *lineatus*, von denen die erstere Art nach Horst und anderen sowie nach eigenen Untersuchungen den Hauptgetreideschädling unter den Drahtwürmern bei uns darstellt, mieden oder verließen in den Versuchen die mit Kainit gedüngten Schichten und ließen hier das Futter unberührt, wenn ihnen die Möglichkeit zur Abwanderung in ungedüngte Schichten mit gleichen Feuchtigkeitsverhältnissen gegeben war. Ob eine Übertragung dieser in Laboratoriumsversuchen gewonnenen Ergebnisse auf die natürlichen Verhältnisse im Freien zulässig ist, müssen Freilandversuche unter genauer Kontrolle der Bodenfeuchtigkeit ergeben. Sie würde besagen, daß zum mindesten auf bestimmten Böden

bei einem mittleren oder geringeren Feuchtigkeitsgehalt der oberen Erdschicht, also unter Bedingungen, wie zu Zeiten ärgsten Drahtwurmfraßes zu herrschen pflegen, die Larven der beiden genannten *Agriotes*-Arten durch das Ausstreuen von Kainit mit nachfolgender natürlicher oder künstlicher Bodenbewässerung aus der zu schützenden oberflächennahen Zone in tiefere Erdschichten abgedrängt oder doch am Fraß gehindert werden können.

Die Wirkung des Kainits beruht dabei in erster Linie auf einer Störung des labilen Wasserhaushaltes der Drahtwürmer in dem Sinne, daß die durch Zuführung stark hygroskopischer Salze erhöhte Saugkraft des Bodens der Bluttlüssigkeit der Larven Wasser entzieht und diese zur Aufnahme der salzhaltigen Bodenlösung zwingt. Die auf dem Wege über den Darm in die Körperflüssigkeit gelangenden Salzionen wirken schädlich auf Muskelatur und Nervensystem ein und führen zu Schädigungen des Gesamtorganismus, welche aber reversibel sind. Die Schädlichkeit der einzelnen Bestandteile des Kainits ist durch die Reihenfolge $KCl > NaCl > MgSO_4$ gekennzeichnet. Die Wirkung des Kainits kann wahrscheinlich durch Erhöhung des Kalianteils gesteigert werden. Versuche darüber, ob normalerweise von den Drahtwürmern nicht aufgenommene wasserlösliche Gifte dadurch, daß sie mit einer starken Kainitgabe kombiniert angewandt werden, leichter Eingang in den Darm der durstgepeinigten Larven finden, erscheinen nicht aussichtslos.

Literatur.

(2. Teil.)

Blunck, H., Elateriden. In: Sorauer, P., Handbuch der Pflanzenkrankheiten 4. Aufl., 5. Bd., S. 112–134, Berlin 1928.

Comstock und Slingerland, Wireworms. Results of efforts to discover a practicable method of preventing the ravages of these pests, and a study of the life history of several common species. Cornell Univ. Agric. Exp. Stat. Bull. 33, S. 193—272, 1891.

Fuchs, Experimentell-biologische Studien an Drahtwürmern. Zeitschr. f. angew. Entom. Bd. 14, S. 514—528, Berlin 1928.

Höber, R., Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe 6. Aufl., Leipzig 1926.

Kieff, Drahtwurmbekämpfung. Deutsche Landw. Presse 49. Jahrg., S. 313, Berlin 1922.

Munkelt, W., Tierische Saugkräfte und ihre phytopathologische Bedeutung. Fortschr. der Landwirtsch., Berlin und Wien 1926.

Robinson, W., An electric method of determining the moisture content of living tissue, Ecology Vol. VII, S. 365—370, 1926.

— — Water binding capacity of colloids a definite factor in winter hardiness of insects. Journ. of Economic Entomology Vol. 20, S. 80—88, 1927.

Sorauer, P., Handbuch der Pflanzenkrankheiten 4. Aufl., 5. Bd., S. 119, Berlin 1928.

Tacke, Br., Wirken Kalisalze durch ihre wasseranziehende Kraft günstig auf das Pflanzenwachstum? Die Ernährung der Pflanze Bd. 26, S. 337—339, Berlin 1930.

Taillefert, A., Les Larves „Fils de Fer" et les Moyens de les combattre dans les Champs de Céréales. Siehe Rev. appl. Entom. Vol. IX, S. 519.

Wenzierl, S., Versuche mit Drahtwurmbekämpfung bei Getreide und Kartoffel auf Neubrüchen. Deutsche Landw. Presse 50. Jahrg., S. 387, Berlin 1923.

Wiegand, A., Eine radikale Drahtwurmkur. Deutsche Landw. Presse 51. Jahrg., S. 380 bis 381. Berlin 1924.

Über Braconiden und ihre Wirte.

Von

Dr. **Josef Fahringer,** Wien.

Mit dieser Arbeit übergebe ich die erste umfassende Bearbeitung einiger Braconidengattungen der Öffentlichkeit. Diese Arbeit verfolgt den Zweck, die Herren Vertreter der angewandten Entomologie mit der Kenntnis wichtiger Vertreter aus der Gruppe der Braconiden genau vertraut zu machen. Ich hoffe somit, den Kollegen ermöglicht zu haben, bei der Klärung unsicherer Zuchtergebnisse zweckentsprechend mitzuwirken. So läßt sich über alle Zuchtergebnisse rasch Klarheit schaffen und diese vorteilhaft verwerten. Wer sich mit dem Studium vorliegender Arbeit befaßt, wird leicht erkennen, in welcher Hinsicht noch Unsicherheiten bestehen, die aus der Welt zu schaffen sind. Die richtige Zusammenarbeit der Systematiker mit den Biologen wird bei der nicht zu unterschätzenden Bedeutung der biologischen Schädlingsbekämpfung sicherlich ganz hervorragendes leisten. In der vorliegenden Arbeit ist als erste die Gattung Helcon Nees behandelt, deren große und auffallende Arten bei einer Reihe von Forstschädlingen schmarotzen, wie z. B. bei den Tetropium-Arten.

Helcon Nees.

Helcon Nees, Ges. Naturf. Freunde Berlin VI, 1812, p. 216.
Apidocolpus Wesmael, Nouv. Mém. acad. sc. Bruxelles XI, 1838, p. 155.
Gymnoscelus Förster, Verh. naturf. Ver. preuß. Rheinl. XIX, 1862, p. 255.
Synonyma p. p. *Xorides*, Grav, *Ichneumon* L. *Triaspis* Hal. u. a.

A. Beschreibung der Gattung und der zu dieser gehörigen Untergattungen.

Kopf mehr oder weniger ausgesprochen kubisch. Hinterhaupt stets gerandet. Mund quer und offen. Gesicht zwischen den Augen mit einem leistenartigen Dorn, der sich nach hinten in 1 oder 2 ziemlich scharfe Leisten fortsetzt. Stirneindruck rundlich oder queroval, meist mit einer mittleren Leiste. Fühler fadenförmig 29—54gliedrig. Vorderrand des Clypeus abgerundet oder gebuchtet bezw. gerade abgestutzt. Thorax gedrungen, Mittellappen des Mesonotum mehr oder weniger stark buckelig vorstehend.

Notauli stets, Sternauli zumeist deutlich ausgebildet. Mediansegment mehr oder weniger deutlich gefeldert, bei den meisten Arten ein Mittelfeld (Area superomedia) zu sehen. Vorderflügel mit 3 Rcu-zellen. Radialzelle groß, erreicht aber nicht ganz die Flügelspitze. Nervulus subinterstitial, mitunter schwach postfurcal. Nervus Recurrens mündet in die 1. Rcu-zelle. Nerv. parallelus unten inseriert. Analqueradern 1 oder 1 und 2 ausgebildet, daher 2 oder 3 Analzellen angedeutet. Im Hinterflügel ist die Radialader gebuchtet oder gerade, die Radialzelle daher in der Mitte mitunter eingeschnürt, aber immer ungeteilt. Auch die Discoidalquerader ist bei einigen Arten geschwungen, bei anderen gerade. Hinterschenkel meist ziemlich stark verdickt, unten mit oder ohne Zahn. Hinterleib zylindrisch bis keulenförmig, vorne meist deprimiert, hinten pflugscharartig erweitert. Bohrer des ♀ endständig von Hinterleibs- bis Körperlänge. Parasiten von holzbewohnenden Käfern, meist von Cerambyciden.[1]) Diese große und auffallende Gattung läßt sich in 3 Subgenera zerlegen, die auch als selbständige Gattungen betrachtet werden. Diese lassen sich wie folgt unterscheiden:

Hinterschenkel mit einem kräftigen Zahn, 2 Analqueradern vorhanden (Subgenotype: *H. ruspator* L.).

1 Helcon s. str.

Hinterschenkel unbewehrt. 2 oder 1 Analqueradern vorhanden 2

2 Analqueradern vorhanden (3 Analzellen). Clipeus gerade abgestutzt. 1 Cu-(Discoidal-)zelle gestielt (Subgenotype: *G. tardator* Nees).

2 Gymnoscelus Först.

1 Analquerader vorhanden (2 Analzellen). Clipeus gerandet und eingebuchtet 1 Cu-(Discoidal-)zelle sitzend (Subgenotype: *A. carinator* Nees).

3 Aspidocolpus Wesm.

Hierher 10 Arten der paläarktischen Region, ferner 2 unter diesem Namen beschriebenen Arten, die kaum hierher gehören (Genotype: *H. ruspator* L.).

B. Tabellen zur Erkennung der Arten in 2facher Form (I., II.)

I.

Tabellen zur Erkennung der Arten auf Grund von morphologischen und Färbungsmerkmalen nebst Synonymie.

Weibchen:

1. Hinterschenkel unten mit einem kräftigen Zahn (Helcon s. str.) 2
   Hinterschenkel unbewehrt 4
2. Fühler mit weißem Ring; Mittel- und Hintertarsen oder nur die letzteren weißlich, die übrigen Teile der Beine rot; Körper sonst schwarz. Flügel fast hyalin, Stigma schwarz. Bohrer etwas länger als der Körper. Länge 10 mm. Europa.

   9 H. spinator Lep.

   (= *annulicornis* Nees).

   Fühler ohne weißen Ring; Mittel- und Hintertarsen nicht weißlich 3

[1]) Außer Cerambyciden werden noch Bostrychiden und Melandryiden als Wirte angegeben. Angaben bezüglich der Schmetterlinge bedürfen der Überprüfung.

3. Discoidalquerader der Hinterflügel stark geschwungen. Scutellum in der Mitte fast glatt, glänzend. Hinterschienen und Tarsen geschwärzt, die übrigen Beine rot, Länge 10—12 mm, Bohrer von Körperlänge oder länger. Parasit von *Tetropium*- und *Callidium*-Arten. Europa, Westasien.

5 H. dentator F.
(= *aequator* Nees).

Discoidalquerader der Hinterflügel fast gerade. Scutellum ziemlich gleichmäßig grobrunzelig. Hinterschienen und Tarsen rötlich, sonst wie vorige Art, etwas plumper. Bohrer ungefähr von Körperlänge. Länge 10—11 mm. Parasit von *Leptura*- und *Acanthocinus*-Arten. Europa, Westasien.

8 H. ruspator L.

4. 2 Analqueradern vorhanden (3 Analzellen). Clypeus fast gerade abgestutzt. (*Gymnoscelus* Först.) 5

1 Analquerader vorhanden (2 Analzellen). Clipeus mehr oder weniger deutlich eingebuchtet oder abgerundet. (*Aspidocolpus* Wesm.) 7

5. Radialader in der Mitte oder nahe dieser leicht eingebuchtet, daher Radialzelle an dieser Stelle etwas eingeschnürt. Längskiele des 1. Tergites ganz kurz. 2. Tergit fast glatt. Bohrer ungefähr von Körperlänge. Kleine Art von 5—7 mm Länge. Parasit von *Melandrya caraboides* L. Europa.

4 H. claviventris Wesm.

Radialader mehr oder weniger gerade, daher Radialzelle nicht eingeschnürt. 2. Tergit runzelig oder Längskiele des 1. Tergites lang (von $^2/_3$ Tergitlänge), bezw. größere Arten 6

6. Längskiele des 1. Tergites deutlich und lang. Hinterschenkel ganz rot. Bohrer von etwas mehr als Hinterleibslänge bis fast Körperlänge. Große Art von 10 bis 14 mm Länge. Europa, West- und Nordasien, Nordafrika.

10 H. tardator Nees
(inkl. *cylindricus* Wesm. und *angustatus* Nees).

Längskiele des 1. Tergites wenig deutlich. Hinterschenkel mit schwarzer Spitze. Bohrer von ca. $^2/_3$ Hinterleibslänge. Länge 9 mm. Nord- und Mitteleuropa.

7 H. redactor Thunbg.
(= *femoralis* Thoms.).

7. Hüften schwarz. Kleine Art von 6—8 mm. Bohrer etwas länger als der Hinterleib. Ungarn.

6 H. maximus Szépl.

Hüften rot oder rotgelb. Größere Art von 8—11 mm Länge. Bohrer von $^2/_3$ Körperlänge. Parasit von *Xylonites retusus* Ol, *Phymatodes testaceus* L. und *Callidium violaceum* L. Europa, West- und Nordasien.

3 H. carinator Nees
(inkl. *helveticus* Hall.).

Männchen:

1. Hinterschenkel unten mit einem ziemlich kräftigen Zahn 2
Hinterschenkel unbewehrt 5

2. Mittel- und Hintertarsen, seltener nur die letzteren weißlichgelb, nur Basis des Metatarsus und das Klauenglied etwas geschwärzt. Beine sonst rot, nur Hüften der Vorder- und Mittelbeine, sowie alle Trochanteren z. T. schwärzlich. Körper schwarz, Flügel fast hyalin. Stigma schwarz. Länge 9—10 mm. Europa.

9 H. spinator Lep.
(*annulicornis* Nees).

Mittel- bezw. Hintertarsen von anderer Färbung 3

3. Discoidalquerader der Hinterflügel stark geschwungen. Hinterschienen und -tarsen geschwärzt, die übrigen Beine rot, Körper schwarz; Palpen, Fühlerring und Tegulae gelblichrot. Länge 9—11 mm. Parasit von Tetropium- und Callidium-Arten. Europa, Westasien.

5 H. dentator F.
(= *aequator* Nees).

Discoidalquerader der Hinterflügel fast gerade, bezw. Hinterschienen und -tarsen rot oder rotgelb 4

4. Fühlerglieder 1—10—11 rötlichgelb oder gelb, der übrige Teil der Fühler schwarzbraun bis schwarz. Mesonotum fast glatt. Schwarz; Beine ganz gelb, Palpen blaßgelb, Länge 9 mm. Schweiz.

1 H. armator Marsh.

Fühler ganz schwarz oder braun. Mesonotum fein und zerstreut punktiert. Schwarz; Beine mit Ausnahme der Hüften rot oder rotgelb, nur Tarsen heller, mehr gelb. Palpen gelblichrot. Plumpe Art von 10—12 mm. Parasit von *Leptura*- und *Acanthocinus*-Arten. Europa und Westasien.

8 H. ruspator L.

5. 2 Analqueradern vorhanden (3 Analzellen). Clipeus gerade abgestutzt 6
1 Analquerader vorhanden (2 Analzellen). Clipeus vorne eingebuchtet oder abgerundet 7

6. Kiele des 1. Tergites sehr scharf und deutlich. Hinterschenkel ganz rot. Schwarz. Palpen bisweilen, Tegulae und alle Beine rot, nur Hinterschienen und -tarsen geschwärzt. Länge 9—12 mm. Europa, West- und Nordasien, Nordafrika.

10 H. tardator Nees
(inkl. *cylindricus* Wesm. und *angustatus* Nees).

Kiele des 1. Tergites wenig deutlich. Hinterschenkel mit schwarzer Spitze, oft auch ganz schwarz. Der vorigen Art sehr ähnlich. Länge 8—9 mm. Nord- und Mitteleuropa.

7 H. redactor Thunbg.

7. Hüften schwarz. Hinterschienen und Tarsen braun. Länge 6—7 mm. Ungarn.

6 H. maximus Szépl.

Hüften ganz rot. Hinterschienen oder Hintertarsen z. T. hell gezeichnet . . . 8

8. Fühler an der Basis gelbrot, Endhälfte schwärzlich. Hintertibien an der Basis bleich, bezw. Schenkel zuweilen geschwärzt. Tarsen rostgelb, die hinteren nur z. T. verdunkelt. Länge 8 mm. Nordeuropa, Sibirien.

2 H. borealis Thomson.

Fühler ganz schwarz, nur Anellus bisweilen rötlich. Hinterschienen ganz braun. Schenkel stets ganz rot, Hintertarsen ganz schwarz. Länge 8—10 mm. Parasit von *Callidium violaceum* L., *Phymatodes testaceus* L. und *Xylonites retusus* Ol. Europa, West- und Nordasien.

3 H. carinator Nees
(inkl. *helveticus* Hall.).

II.

Erkennungstabelle auf Grund der Aufzucht aus den Wirten.

Schmarotzer von Käfern . . . . . A
Schmarotzer von Schmetterlingen (unsichere Arten!) . . . . . B

A.

1. Schmarotzer von Bockkäfern 2
Schmarotzer anderer Käferarten 9

2. Schmarotzer von *Tetropium*-Arten (*T. castaneum* L., *fuscum* F. und *Gabrieli* Weise) 3
   Schmarotzer anderer Bockkäferarten 4
3. Hinterschenkel unten etwas hinter der Mitte mit einem kräftigen Zahn. Schwarz mit roten Beinen, nur Hinterschienen und -tarsen verdunkelt. Weit verbreitet und häufig.
   H. dentator F.
   (= *aequator* Nees).
   Hinterschenkel unbewehrt, sonst voriger Art sehr ähnlich, ebenfalls sehr weit verbreitet und häufig.
   H. tardator Nees,
   nebst Rassen.
4. Schmarotzer von *Callidium violaceum* L. 5
   Schmarotzer anderer Bockkäfer 7
5. Hinterschenkel mit einem Zahn.
   H. dentator F.
   Hinterschenkel unbewehrt 6
6. 2 Analzellen vorhanden, erste Cu-(Discoidal-)zelle sitzend.
   H. carinator Nees.
   3 Analzellen vorhanden, erste Cu-(Discoidal-)zelle gestielt.
   H. tardator Nees.
7. Parasit von *Phymatodes testaceus* L. samt dessen Rassen.
   H. carinator Nees.
   Parasit anderer Bockkäfer 8
8. Parasit von *Leptura (Strangalia) quadrifasiata* L. Hinterbeine ganz rot.
   H. ruspator L.
   Parasit von *Acanthocinus aedilis* L. Nicht häufig.
   H. ruspator L.
9. Parasit von *Xylonites retusus* 01. (Bostrychide.)
   H. carinator Nees.
   Parasit von *Melandrya caraboides* L. (Melandryide.)
   H. claviventris Wesm.

B.

(Zu überprüfende Angaben.)

Parasit von *Grapholitha (Laspeyrésia) dorsana* F. (TR.). 3. Hinterleibssegment fast ganz fein längsrunzelig, kleinere Art. *(? Macrocentrus.)*
H.? intricatus Ratz.

Parasit von *Lymantria (Psilura) monacha* L. 3. Hinterleibssegment glatt, robustere Art. *(? Macrocentrus.)*
H. ruspator L.?

C. Genaue Beschreibung aller palearktischen Helcon-Arten zum Vergleich mit den Bestimmungstabellen mit Angabe der Synoyma.

1. Helcon armator Marsh.

Helcon armator Marshall, Spec. Hymén. Europe Vol. V bis 1897, p. 230.
„ „ Szépligeti, Genera Insectorum 22—24, 1904, p. 152.
„ „ „ Ann. Mus. Nat. Hung. VI, 1908, p. 426.

Kopf annähernd quer, Gesicht runzeligpunktiert, matt. Scheitel glatt mit einigen zerstreuten Punkten Fühler borstenförmig, 54gliederig, viel

länger als der Körper. Mesonotum glatt, nur vor dem Schildchen ein wenig runzelig. Propleuren quergestreift. Mesopleuren zum großen Teil dicht punktiert, matt, nur unter den Flügeln mehr glatt. Mediansegment dichtpunktiert, mit zwei Längskielen in der Mitte, parallel und gut sichtbar. Flügel sehr lang, ragen über den Hinterleib ziemlich weit hinaus. I. Abscisse des Radius um die Hälfte kürzer als die 2. Analzelle 2 geteilt, Hinterschenkel mit Zahn. Hinterleib dünn, fast zylindrisch. 1. Segment mehr als 2mal so lang als am Ende breit, fein längsgestreift mit einer feinen Mittellinie, die etwa bis zur Mitte des Tergites reicht. 2. Tergit kürzer als das erste, an der Basis mit einigen Runzeln. Die folgenden Tergite glatt. 2. Sutur deutlich. Länge 9 mm. ♀ unbekannt.

Glänzend schwarz; alle Beine samt Hüften gelb. Mandibeln rot mit schwarzen Spitzen. Palpen blaßgelb. Fühlerglieder 1—10—11 gelblich, sonst schwarz. Thorax rötlich behaart. Flügel hyalin, Stigma braun, Tegulae gelblich. Schweiz (Bern).

2. Helcon borealis Thoms.

Helcon borealis Thomson, Opusc. Entom. P. 16, 1891, p. 1726, n. 2 ♂.
„ „ Marshall, Spec. Hymén. Europe P. 43, 1893, V. p. 222 ♂.
„ „ Szépligeti, Genera Insect. 22–24, 1904, p. 152.
Aspidocolpus borealis Szépligeti, Ann. Mus. Nat. Hung. VI, 1908, p. 426.
Helcon borealis Fahringer, Archiv för Zool. Band 21 A, Nr. 8, 1929, p. 7 ♂.

Niger, antennis flagellibdimidio basali pedibusque rufis, posticorum tibiis et tarsis nigris, illis basi, his apice pallidis. ♂ 4 lin.

Praecedenti (*H. carinatori* Nees) statura et magnitudine similis, antennis flagello tenuiore dimidio basali pallido, frontis excavatione et spinula adhuc minoribus, abdominis segmento 1 : 0 carinis minus distinctis, 2 : 0 toto scabro distinctis. Schweden. (Nach Thomson). Ich habe l. c. p. 192 eine genaue Beschreibung des ♂ einer Varietät gegeben, *var. sibirica m.*:

„Kopf nahezu quer, hinter den Augen nicht verengert, Schläfen fast von Augenbreite, Wangen etwas länger als die $^1/_2$ Augenlänge ausmacht. Gesicht ziemlich weitläufig und grob punktiert, mit je einem kleinen Grübchen unmittelbar oberhalb des Clipeus. Schläfen weitläufiger und feiner punktiert. Scheitel fast glatt. Stirne hinter den Fühlern mit einer tiefen Grube, die durch eine vor dem Ocellendreieck beginnende bis zwischen die Fühler reichende scharfe Leiste in 2 Hälften geteilt wird. Fühler mehr als 20gliedrig, leider abgebrochen. Schaft rundlich-eiförmig, nur wenig dicker als die Geißelglieder, die basalen Geißelglieder viel länger als breit, gegen das Ende zu allmählich kürzer werdend. Thorax gedrungen, Notauli durch 2 sehr breite ziemlich seichte crenulierte Furchen angedeutet, die sich im rückwärtigen Teile des Mittellappen des Mesonotum in einem Runzelraum verlieren. Der vordere Teil des Mesonotum (Mittellappen) und dessen Seitenlappen punktiert. Schildchen ziemlich grob

punktiert. Pleuren mehr oder weniger grob körnelig-runzelig, Mesopleuren im mittleren Teile mehr glatt. Sternauli crenuliert. Mediansegment grob-runzelig, mit einem sich schon im ersten Drittel seiner Länge sich in 2 divergierende Leisten spaltenden Längskiel. Felderung wenig deutlich, nur durch die erwähnten Leisten und einige quere Runzeln angedeutet. Hinterleib lineal-lanzettlich. I. Tergit $1^1/_2$mal so lang als hinten breit, mit 4 scharfen Kielen, von denen die äußeren die Seitenkanten bilden. Dieses Tergit sonst grobzellig runzelig, vorne mehr glatt. 2. Tergit quadratisch, runzelig punktiert, in der Mitte mehr glatt; die einzelnen Runzeln laufen gegen die Mitte des Hinterrandes zu mehr oder weniger deutlich zusammen. 3. und die folgenden Tergite quer und glatt. Beine kräftig, aber Hinterschenkel unbewehrt. Flügel wohl wie beim ♀, leider sehr beschädigt (z. T. fehlend). Länge 8 mm.

Glänzend pechschwarz; Pechrötlich sind: Mandibeln (Spitzen geschwärzt), Basis der Fühler, Tegulae, Trochanteren. Schenkel schwarz, deren Basis und Spitze rötlich. Rostgelb sind: Vorder- und Mittelschienen, sowie Tarsen dieser Beine. Hinterschienen bräunlich, Basis rötlich. Klauen geschwärzt. Flügel fast hyalin (leicht angeräuchert). Stigma wohl schwarz?." (Kamtschatka.)

3. Helcon carinator Nees.

Helcon carinator Nees, Magaz. Ges. Naturf. Fr. Berlin VI, 1812, p. 218, n. I.
„ „ „ , Hymen affin Monogr. I, 1834, p. 227 n. I. ♀ ♂.
„ *carinatus* Haliday, Entom. Magaz. III, 1835, p. 143, nota n. 28.
„ (*Triaspis*) carinatus Haliday, Entom. Magaz. III, 1835, p. 125, n. 2 nota.
„ (*Aspicolpis*) carinator Wesmael. Nouv. Mém. acad. sc. Bruxelles XI, 1838, p. 151.
„ *carinator* Ratzeburg, Ichneum. der Forstinsect. II, 1848, p. 67, n. 3 ♂ ♀.
„ (*Aspicolpus*) *carinator* Thomson, Opusc. entom. p. 16, 1891, p. 1726 n. I.
„ *corinator Marshall* Spec. Hymen. Europe P. 43, 1893, V., p. 221, ♂ ♀.
„ „ Szépligeti, Genera Insectorum 22—24, 1904, p. 152.
Aspidocolpus carinator Szépligeti, Ann. Mus. Nat. Hung. Vi. 1908, p. 426.

Kopf fast kubisch, hinter den Augen abgerundet. Schläfen von Augenbreite, Wangen von $^1/_2$ Augenlänge, Gesicht, Clipeus und Wangen z. T. punktiert, Schläfen und Scheitel mehr glatt. Clipeus ausgerandet, in der Mitte etwas eingebuchtet. Auch das Gesicht etwas eingedrückt mit erhabener glatter Längserhebung in der Mitte. Gesichtsdorn ziemlich kräftig nach hinten leistenartig auslaufend. Fühler 26—32 gliedrig (bei meinen Stücken), fast von Körperlänge, sonst wie bei *tardator*. Thorax oben punktiert, an den Seiten mehr runzelig. Notauli deutlich hinten in ein Runzelfeld zusammenfließend. Präskutellargrube mit 3 Querleistchen. Schildchen ziemlich glatt. Pleuren runzelig, Mesopleuren in der Mitte mehr glatt. Sternauli wenig deutlich. Mediansegment kräftig gerunzelt, mehr oder weniger deutlich gefeldert. Immer ist ein langes vorne zugespitztes Mittelfeld erkennbar. Um dieses Feld mehr oder minder aus-

gedehnte glatte Felder, auch das Mittelfeld oft mehr oder weniger glatt. Flügel vom Typus der Gattung. 2. Reuzelle kurz trapezförmig, so breit wie lang. 1 Analquerader vorhanden (2 Analzellen). Hinterleib so lang wie Kopf und Thorax, vorne etwas deprimiert, vom 4. Tergit an pflugscharartig komprimiert. 1. Tergit feiner gerunzelt als das Mediansegment mit 2 ziemlich kräftigen Längsrunzeln. 2. Tergit fast so lang wie 1., rundum mit glattem Endrand und einem deutlichen Leistchen längs der Mitte. Die folgenden Tergite glatt. Bohrer von $^2/_3$ Körperlänge, Länge 8—11 mm. Bohrer 6—10 mm.

Schwarz — Mandibeln (Spitzen ausgenommen), Palpen und Tegulae gelblich. Beine samt Hüften rot, nur Hinterschienen und -tarsen geschwärzt. Fühler bisweilen an der Spitze hellerbräunlich.

♂ ähnlich dem ♀. Mediansegment und 1. Hinterleibstergit kräftig punktiert mit deutlichen Längsleistchen. 1. Tergit wenig länger als breit, 2. und 3. Tergit fast ebenso lang wie das erste, daher Hinterleib länger als Kopf und Thorax. Parasit von *Xylonitas retusus Ol*, *Phymatodes testaceus* L. (incl. *v. variabilis* L.) und *Callidium violaceum* L.

Verbreitet über Europa und Sibirien.

Hierher die **Var. helveticus Haller.**

Heleon helveticus Haller, Mitt. schweizer entom. Ges. IV. P. 4, p. 1895, p. 201.
" " Marshall, Spec. Hymen. Europe. Vol. V bis 1897, p. 230.
Aspidonotus helveticus Szépligeti, Genera Insectorum 22—24, 1904, p. 152.
" " " , Ann. Mus. Nat. Hung VI. 1908, p. 426.

Hinterleib schlank, zylindrisch, 2. Tergit fein runzelig mit glattem Endrand. Bohrer von Körperlänge, Länge 10 mm. Färbung wie bei der Stammform, nur Hintertarsenglieder an der Basis hell geringelt.

4. Heleon claviventris Wesm.

Heleon claviventris Wesmael, Nouv. Mem. acad. sc. Bruxelles. IX. 1835, p. 184, n. 2.
" " Blanchard, Hist. Nat. Insect. III, 1840, p. 334 n, 2.
" " Ratzeburg Ichneum. d. Forstinsect. III. 1852, p. 68, n. 6, ♀.
" " Thomson, Opusc. entom. P. 16. 1891, p. 1724 n. 3, ♀.
" " Marshall, Spec. Hymen Europe p. 43. 1893, p. 223 ♀.
" " Szépligeti, Genera Insect. 22—24, 1904, p. 152.
Gymnoscelus claviventris Szépligeti, Ann. Mus. Nat. Hung. VI. 1908, p. 426.

Kopf annähernd kubisch, hinter den Augen abgerundet, Schläfen ungefähr vom Augenbreite. Wangen von etwas mehr als $^1/_3$ Augenlänge. Gesicht lederartig runzelig matt. Schläfen und Scheitel feinst punktiert fast glatt. Hinterhaupt fein gerandet. Fühler ca. 30gliedrig etwas kürzer als der Körper. Endglieder etwas perlschnurartig abgesetzt. Thorax bei dieser zierlichen Art ziemlich schlank. Mittellappen etwas vorstehend, fast durchgehends fein punktiert, nur da, wo die deutlich ausgebildeten Notauli zusammenstoßen, runzelig. Präscutellargrube quer mit mehreren Querleistchen. Schildchen in der Mitte fast glatt. Pleuren runzlig, nur die

Mesopleuren in der Mitte fast glatt. Mediansegement durch mehrere Längs- und Querleisten in mehrere nicht sehr scharf abgegrenzte Felder geteilt, die selbst wieder gerunzelt sind. Seitens des Mediansegmentes hinten mit je einem kurzen Dorn. Flügel vom Typus der Gattung, 1. und 2. Abschnitt des Radius von gleicher Länge. Nervulus schwach postfurcal. 2 Analqueradern vorhanden. (3 Analzellen.) Im Hinterflügel Radialader in der Mitte eingebuchtet, daher wie geschwungen aussehend. Diskoidalquerader gerade. Beine ziemlich kräftig, Hinterschenkel ziemlich stark verdickt, aber unbewehrt. Hinterleib fast keulenförmig, vorne deprimiert. 1. Tergit fast 3 mal so lang wie hinten breit, vorne deutlich verengert, das ganze Tergit lederartig runzelig mit 2 ganz kurzen Längskielen. 2. und die folgenden Tergite glatt, glänzend. Suturen sehr fein. Bohrer ungefähr von Körperlänge. Länge 5—7 mm, Bohrer 6—7 mm.

Schwarz, ziemlich glänzend. Fühler an der Basis und am Ende ziemlich hellbraun, in der Mitte schwarz. Palpen blaßgelb. Beine samt Hüften rotgelb. Hinterschienen und Metatarsus der Hinterbeine z. T. oder ganz geschwärzt, die übrigen Tarsenglieder gelblich rot. Flügel hyalin, Stigma schwarz. Parasit von *Melandrya caraboides* L. (Melandryide). Nord- und Mitteleuropa.

5. Helcon dentator F.

Pimpla dentator Fabricius, Syst. Piez, 1804, p. 114, n. 7.
Helcon aequator Nees, Magaz. Gesellsch. Naturf. Fr. Berlin VI, 1812, p. 219, n. 4.
Pimpla dentator Thunberg, Bull. Acad. sc. St. Pétersbourg, 1882, p. 273 (VIII).
„ „ Thunberg, Mem. Acad. sc. St. Pétersbourg, 1824, p. 342 (IX).
Helcon aequator Nees, Hymen. Ichneum. affin. Monogr. I, 1834, p. 229, n. 4.
„ „ Haliday, Entom. Magaz. III, 1835, p. 144, n. 31.
„ „ Ratzeburg, Ichn. der Forstins. II, 1848, p. 67, n. 1 ♀ ♂ T. 2 F. 32.
„ „ Thomson, Opusc. entom. P. 16, 1891, p. 1723, n. 2 ♂ ♀.
„ „ Marshall, Spec. Hymèn. Europe P. 43, 1893, V, p. 218, ♂ ♀.
„ „ Szépligeti Genera Insectorum 22—24, 1904, p. 152.
„ „ Szépligeti Ann. Mus nat. Hung. VI, 1908, p. 426.
„ *dentator* Roman, Zool. Bidrag, Fr. Upsala, Vol. I, 1912, p. 282.

Kopf kubisch, hinter den Augen etwas erweitert und abgerundet. Hinterhaupt fein gerandet, Schläfen sehr breit, breiter als die Augen. Wangen von ca. $^1/_2$ Augenlänge, ohne deutliche Mittelrinne. Scheitel, Schläfen und Wangen außen fast glatt. Gesicht dicht punktiert. Clipeus schmal, vorne fast gerade abgestutzt, Mundöffnung quer und schmal. Gesichtsdorn scharf und nach rückwärts leistenartig auslaufend. Fühler fädlich von Körperlänge oder kürzer, 26—32 gliedrig. Schaft eiförmig, nach oben etwas (kelchartig) erweitert. Basale Geißelglieder sehr lang, fast 3 mal so lang wie breit oder nur wenig kürzer, gegen das Ende zu an Länge rasch abnehmend, daher die Endglieder schwach perlschnurartig abgesetzt. Thorax sehr fein punktiert. Mittellappen etwas buckelig vorstehend. Die Notauli fließen in einem Runzelfeld zusammen, in welchem ein ziemlich

feiner Längskiel sichtbar wird. Die Notauli selbst sind tief und fast glatt. Präscutellargrube groß, rundlich mit einer deutlichen Längsleiste. Schildchen runzelig punktiert, in der Mitte fast glatt. Pleuren fast glatt mit runzeliger Umrandung. Mediansegment runzelig undeutlich gefeldert. Von der Mitte des Hinterrandes aus verlaufen 2 parallele Leisten nach vorne, die sich hinter der Mitte immer mehr und mehr verlieren, an der Basis wieder kräftiger in Erscheinung treten und hier als 2 zusammenlaufende Leisten erkennbar werden. Flügel vom Typus der Gattung. Der Radius erreicht nicht die Flügelspitze. 2. Rcuzelle trapezförmig. 1. Abschnitt des Radius deutlich kürzer als der 2. Nervulus sehr schwach postfurkal. N. recurrens mündet weit vor dem Ursprung der 1. Rcuzelle in diese. N. parallelus unten inseriert; 2 Analqueradern vorhanden. (3 Analzellen.) Im Hinterflügel ist die Discoidalquerader stark geschwungen (= Cuanalquernerv). Hinterschenkel unten etwas hinter der Mitte mit kräftigem Zahn. Hinterleib fast keulenförmig, vorne etwas deprimiert, hinten ziemlich stark pflugscharartig erweitert. 1. Tergit $2^1/_2$mal so lang als hinten breit, außerdem mit 2 kräftigen fast parallel verlaufenden Längsleisten, sonst runzelig, namentlich vorne und an den Seiten, hinten mehr glatt, zwischen den Längskielen (mehr rückwärts) mit einigen Runzelleistchen. 2. Tergit länger als hinten breit, vorne an den Seiten mit Spuren feinster Runzelstreifchen. Die übrigen Tergite quer und glatt. Endsegmente mitunter etwas uneben. Bohrer von Körperlänge oder länger. Länge 10—12 mm, Bohrer 12—16 mm.

Schwarz, ziemlich glänzend; Palpen, Anellus der Fühler, und Tegulae gelblich rot, Beine rot (rotgelb), nur Hinterschienen und Tarsen schwärzlich angeräuchert. Flügel fast hyalin. Stigma schwarz.

♂ ähnlich dem ♀, aber schmächtiger. Fühler 32—34—41 gliedrig (bei meinen Stücken), von Körperlänge oder länger.

Parasit von Bockkäfern und zwar: *Tetropium castaneum* L., *T. fuscum* und *Gabrieli* Weise (aus letzterer Art von Dr. Erwin Schimitschek gezogen), ferner *Callidium violaceum* L.

Die Art ist häufig und über ganz Europa sowie das westliche Asien verbreitet, ebenso wie die nachstehend angeführte Varietät:

Helcon dentator F. var. rugator Ratz.

Helcon rugator Ratzeburg, Ichn. d. Forstins. II, 1848, p. 67, n. 1 ♂ ♀.
„ *aequator* var. rugator Marshall, Spec. Hymén. Europe, Vol. V, 1893, p. 218 ♀ ♂.
„ *rugator* Szépligeti, Ann. Mus. Nat. Hung. VI, 1908, p. 426.

2. Hinterleibstergit an der Basis beiderseits mit deutlichen Längsrunzeln.

1. Tergit kräftiger gerunzelt als wie bei der Stammform, Mediansegment zur Gänze dicht und ziemlich kräftig gerunzelt ohne glatte Stellen.

Parasit von *Tetropium luridum* L.

6. Helcon maximus Szépligeti.

Diospilus maximus Szépligeti, Term. Fueez. Vol. 23, 1900, p. 216 u. 929 ♂ ♀.
Helcon (Aspidicolpus) maximus Szépligeti, Genera Insect. 22—24, 1904, p. 152.
„ „ *maximus* Szépligeti, Ann. Mus. Nat. Hung. VI, 1908, p. 426.

Kopf quer, Gesicht runzelig, Scheitel und Schläfen punktiert und glänzend. Fühler 28—32gliedrig. Mesonotum zerstreut punktiert, Parapsidenfurchen sehr tief und crenuliert, Mittellappen bucklig vorstehend; Mitte der Mesopleuren glatt; Metanotum grob, zellenartig runzelig. Radialzelle erreicht nicht die Flügelspitze, 2. Rcuzelle oben etwas zusammengezogen. 1. Abschnitt der Radialader, die erste und zweite Rcu-Querader sind gleich lang; 2. Abschnitt der Radialader kürzer als der erste. Hinterleib lanzettförmig, so lang wie Kopf und Thorax; 1. Tergit grob runzelig, etwas länger als hinten breit, an den Seiten gerandet, an der Basis verschmälert und tief gehöhlt und gekielt; 2. Tergit etwas kürzer als breit und grobrunzelig; die folgenden Tergite glatt.

Schwarz; Taster und Beine rot; Coxen schwarz; Hinterschienen fast ganz und die Hintertarsen, das 5. Glied ausgenommen, braun.

Länge 6—8 mm, Bohrer etwas länger als der Hinterleib.

Das ♂ beschreibt Szépligeti nicht, es wird wohl mit dem ♀ ganz übereinstimmen.

Pilis-Maróth, 20. Mai 1899.

7. Helcon redactor Thunberg.

Helcon redactor Thunberg, Bull. acad. sc. St. Petersburg VIII, 1822, p. 273.
„ „ Thunberg, Mém. acad. sc. St. Petersburg IX, 1824, p. 343.
„ *femoralis* Thomson, Opuscula Entom. T. 16, 1891, p. 1725 ♂ ♀.
„ „ Marshall, Spec. Hymén. Europe, P. 43, 1893, V. 5, p. 227 ♂ ♀.
Gymnoscelus femoralis Szépligeti, Genera Insectorum 22—24, 1904, p. 152.
„ „ Szépligeti, Ann. Mus. Nat. Hung. VI, 1908, p. 426.
Helcon redactor Roman, Zoolog. Bidrag, Upsala 1912, p. 276.
„ „ Roman, Arkiv f. Zool. Stockholm 1924, V, 17a, p. 33.

Niger, pedibus rufis, posticorum tarsis, tibiis cum apicé femorum nigrofuscis postpetiolo subdilatato haud bicarinato, deutero opaco subscabro. ♂♀ 4 lin.

Praecedenti (*H. tardatori* Nees) alis nervo cubitali mox infra praestigma egrediente similis et affinis, sed palpis pallidis, articulo 2 : 0 haud dilatato, sternaulis subtilis punctatis, femoribus posticis nigris, basin versus rufis, postpetiolo basi haud abrupte angustato, apicem versus subdilatato, deutero subopaco, sculptura subtillissima, alis anticis magis subfumatis, areola breviore mox discedens. (Thomson.)

Schweden (Lappland).

Diese Art unterscheidet sich von *Helcon tardator* Nees eigentlich nur dadurch, daß bei dieser mehr nordischen Art die Hinterschenkel ganz geschwärzt sind. Ferner sind die Kiele des 1. Tergites viel weniger deutlich

als bei *H. tardator* Nees. Nach Roman wäre die Art mit dem *H. cylindricus* Wesmael synonym. Der letztere gehört als Varietät zu tardator hat (mitteleuropäische Stücke) meist ganz rote Hinterschenkel. (Siehe die Beschreibungen bei *H. tardator* Nees [Nr. 10]). Die Art ist über Nordeuropa und Sibirien verbreitet.

8. Helcon ruspator L.

Ichneum. ruspator Linné, Syst. nat., Ed. 10a, I, 1758, p. 565, n. 47.
„ „ Linné, Fauna suecica, Ed. 2a, 1761, p. 406, n. 1625.
„ „ Linné. Syst. Nat., Ed. 12, I, 2, 1767, p. 937, n. 51.
„ „ Berkenhout, in Nat. Hist. Gr. Britain, I, 1769, p. 165, n. 9.
„ „ Fabricius, Syst. Entom. 1775, p. 340, n. 72.
„ „ Ph. L. Müller, Linné, Vollst. Natursyst. V, 2, 1775, p. 856, n. 51.
„ „ Fabricius, Spec. Insect. I, 1781, p. 434, n. 91.
„ „ Schrank, Eunum. Insect. Austr. 1781, p. 358, n. 722.
„ „ Fabricius, Mant. Insect. I, 1787, p. 268, n. 109.
„ „ Villers, C. linnaei Entom. III, 1789, p. 173, n. 116.
„ „ Gmelin, Syst. Nat., Ed. 13a, I, 5, 1790, p. 2695, n. 51.
„ „ Christ, Naturg. d. Insect. 1791, p. 375.
„ „ Olivier, Encycl. method. Insect. VII, 1792, p. 193, n. 148.
„ „ Fabricius, Entom. System. II, 1793, p. 177, n. 181.
„ „ Walkenaar, Fauna Paris. II, 1802. p. 62, n. 66.
Cryptus „ Fabricius, Syst. Piez. 1804, p. 88, n. 77.
Ichneumon „ Bechstein u. Scharfenberg, Naturg. schädl. Forstins. III, 1805, p. 960.
Helcon dentator Nees, Magaz. Ges. Naturf. Freunde Berlin VI, 1812, p. 220, n. 5.
Xorides ruspator Gravenhorst, Nova acta acad. nat. curios. IX, 1818, p. 298.
Ichneumon „ Thunberg, Bull. acad. sc. Petersbourg VIII, 1822, p. 274.
„ „ Thunberg, idem IX, 1824, p. 347.
Helcon ruspator Nees, Hymen. Ichneum. affin Monogr. I, 1834, p. 230, n. 5.
„ „ Haliday, Entom. Magaz. III, 1835, p. 144, n. 32
„ „ Ratzeburg, Ichneum. d. Forstins II. 1848, p. 67, n. 2.
„ „ Thomson, Opusc. Entom. P. 16, 1891, p. 1724, n. 26.
„ „ Marshall, Hymén. Europe Vol. V, 1893, p. 219 ♀ ♂.
„ „ Szépligeti, Genera Insectorum, 22—24, 1904, p. 152.
„ „ Szépligeti, Ann. Mus. Nat. Hung. VI, 1908, p. 426.

Kopf fast kubisch, hinter den Augen etwas erweitert, Hinterhaupt fein gerandet. Schläfen fast von Augenbreite, Wangen etwas länger als die $^1/_2$ Augenlänge beträgt. Schläfen, Wangen und Scheitel, letzterer in der Mitte punktiert, an den Seiten zwischen den Ocellen und den Augen runzelig. Gesicht grobrunzelig. Gesichtsdorn zwischen den Fühlern kräftig entwickelt, von diesem gehen nach allen Seiten gebogene Leistchen aus, welche die Stirngrube teils furchen, teils begrenzen. Fühler 26—30gliedrig (bei den von mir untersuchten Stücken), etwas kürzer als der Körper, sonst wie bei *aequator* Nees. Thorax größtenteils und kräftig, mehr oder weniger weitläufig punktiert. Mittellappen des Mesonotum etwas vorstehend, Notauli breit eingedrückt, vorne glatt, hinten in ein durch eine Längsleiste geteiltes Runzelfeld zusammenfließend. Pleuren kräftig und ziemlich ausgedehnt

runzelig, nur Mesopleuren in der Mitte mehr glatt, aber auch hier ist eine mehr oder minder feine Punktierung erkennbar. Sternauli breit mit 8 bis 10 Querleistchen versehen (weitläufig crenuliert), Schildchen grobrunzelig kaum glänzend. Mediansegment grobzellig runzelig, aber ohne deutliche Felderung. Einige der größeren von Runzeln umflossenen Zellen (in der Mitte und hinten) innen fast glatt. Flügel wie bei *H. aequator* Nees. 2 Analqueradern vorhanden (3 Analzellen). Im Hinterflügel die Discoidalquerader (Cu-analquerader) fast gerade. Beine kräftig, Hinterschenkel stark verdickt, unten etwas hinter der Mitte mit starkem Zahn. Sporne der Hinterschienen sehr kurz. Hinterleib so lang wie Kopf und Thorax oder etwas kürzer, im Umriß fast eiförmig vorne etwas deprimiert. 1. Tergit fast 3 mal so lang wie hinten breit mit 2 parallelen kräftigen Längsleisten, dazwischen einige Runzeln (rückwärts), auch sonst vorne (an den Seiten) runzelig. 2. Tergit fast zur Grenze runzelig (mehr oder minder regelmäßig längsrunzelig). 3. und die folgenden Tergite quer glatt und glänzend. Bohrer ungefähr von Körperlänge. Länge 10—12 mm, Bohrer 10 – 11 mm.

Schwarz, wenig glänzend; Fühler schwarzbraun, Palpen gelblichrot, Schenkel und Schienen mehr rot, Tarsen heller, mehr gelblichrot, Hüften durchaus schwarz. Flügel leicht getrübt, Stigma schwarz.

♂ vom ♀ nicht wesentlich verschieden, nur etwas kleiner und schmächtiger, Länge 8—9 mm.

Parasit von Bockkäfern und zwar: *Leptura (Strangalia) quadrifasciata* L. und *Acanthocinus aedilis* L. Kirchner, Ichneumoniden von Kaplitz, Prag, Lotos, 1856, p. 31 gibt *Lymantria monacha* L. als Wirt an.

Diese plumpste und gedrungenste, ziemlich auffallend grob skulpturierte Art ist ebenfalls über ganz Europa und Westasien verbreitet (aber nicht so häufig).

9. Helcon spinator Lep.

Helcon spinator Lepeletier, Encycl. méthod. Insect. X, 1825, p. 41, n. 2, ♂♀.
„ *annulicornis* Nees. Hymen. Ichn. affin. Monogr. I, 1834, p. 231, n. 6.
„ „ Haliday, Entom. Magaz. III, 1836, p. 144, Nr. 33.
„ *spinator* Guerin, Iconogr. régn. anim. VII, Insect. 1845, p. 410, T. 66, F. 8.
„ *annulicornis* Stephens, Illustr. Brit. Entom. Suppl. 1846, p. 400, T. 37, F. 3 u. 4.
„ „ Förster, Verh. preuß. Rheinl. XXXIX, 1862, p. 255.
„ „ Marshall, Trans. Entom. Soc. London 1889, p. 186, n. 1.
„ „ Thomson, Opusc. Entom. P. 16, 1891, p. 1723, n. 1, ♀♂.
„ „ Marshall. Spec. Hymén Europe P. 43, 1893, V. p. 217, ♀♂.
„ *spinator* Szépligeti, Genera Insect. 22—24, 1904, p. 152.
„ *annulicornis* Szépligeti, idem, p. 152.
„ *spinator* Szépligeti, Ann. Mus. Nat. Hung. VI, 1908, p. 426.
„ *annularis* Szépligeti, idem, p. 425.

Kopf fast kubisch, hinter den Augen abgerundet. Hinterhaupt fein gerandet, Stirngrube tief und rundlich, innen mit Längeleistchen und einigen Runzeln. Schläfen von ca. $^1/_2$ Augenbreite, wie der Scheitel fast ganz glatt und glänzend. Wangen von ca. $^1/_2$ Augenlänge, etwas runzelig.

Gesicht grobrunzelig mit 2 mehr oder weniger deutlichen Längsleistchen, außerdem zwischen den Fühlern mit einem kräftigen Dorn, der sich als Leistchen bis in die Stirngrube hinein fortsetzt. Clipeus schmal, vorne fast gerade abgestutzt. Mund ein wenig offen. Fühler 29—34gliedrig, etwas kürzer als der Körper, fädlich, am Ende etwas eingerollt. Schaft fast tonnenförmig, die basalen Geißelglieder viel länger als breit, gegen des Ende zu immer kürzer werdend. Endglieder nicht besonders deutlich perlschnurartig abgesetzt. Thorax dicht und ziemlich kräftig punktiert, wenig glänzend. Mittellappen ziemlich stark buckelig vorspringend. Notauli durch breite crenulierte Furchen gekennzeichnet. Praescutellargrube quer und crenuliert. Mesonotum hinten mit mittlerer Längsleiste. Schildchen punktiert, in der Mitte mehr glatt. Pleuren runzelig, die Mesopleuren in der Mitte fast glatt, glänzend. Sternauli als runzelige Längsvertiefung schwach angedeutet. Mediansegment grobrunzelig, undeutlich gefeldert mit einigen besonders rückwärts schärfer hervortretenden Leisten. Flügel vom Typus der Gattung. Radialzelle erreicht nicht die Flügelspitze, zweite Reuzelle kurz trapezförmig, der 1. Abschnitt des Radius ungefähr so lang wie der zweite. Nervulus subinterstitial, N. recurrens mündet in die erste Reuzelle. N. parallelus unten inseriert. 2 Analqueradern vorhanden. Im Hinterflügel die Radialader fast gerade, Discoidalqueradern ebenfalls fast gerade, Beine kräftig. Hinterschenkel verdickt, unten mit kurzem kräftigem Zahn. Hinterleib etwa so lang wie Kopf und Thorax, kaum breiter wie letzterer, vorne etwas deprimiert, rückwärts etwas pflugscharartig erweitert. 1. Tergit etwa $2^1/_2$mal so lang als hinten breit, länger als das zweite und dritte, mit zwei scharfen Leisten, zwischen denen gegen das Hinterende zu ein kurzer Längskiel sichtbar wird. Seitenränder des 1. Tergites vorne ziemlich scharf gekantet, im übrigen dieses Tergit fast durchaus runzelig. Zweites und die folgenden Tergite glatt, quer. Suturen fein glatt. Bohrer etwas länger als der Hinterleib und Mediansegment. Länge 10 mm, Bohrer ca. 5 mm.

Schwarz, wenig glänzend: Fühlerglieder 12—13—15—16 weißlichgelb, sonst schwarz. Beine rot: Vorder- und Mittelhüften, meist auch die Trochanteren aller Beine schwarz. Hinterhüften rot. Hintertarsen (Basis des Metatarsus und Klauenglied ausgenommen) weißlichgelb. Flügel fast hyalin, Stigma schwarz.

♂ ähnlich dem ♀, kleiner, schmächtiger, Fühler ohne weißlichen Ring. Länge 8—9 mm.

Über ganz Europa verbreitet, besonders in Gebirgsgegenden. Parasit von holzbewohnenden Käferlarven.

Die Synonymie des *H. spinator* Lep. mit der von Nees beschriebenen Art ist schon aus der Beschreibung völlig klar, da ja Lepeletier die charakteristische Färbung der Fühler und Hintertarsen ausdrücklich hervorhebt und auch die übrige Beschreibung auf die Neessche Art absolut paßt. Die Art muß daher den prioritätsberechtigten Namen *spinator* erhalten.

10. Helcon tardator Nees.

Helcon tardator Nees, Magaz. Ges. naturf. Fr. Berlin VI, 1812, p. 218 n. 2.
" " " , Nova Acta acad. curios IX, 1818, p. 307.
" " Lepeletier, Encycl. méthod. Insect X, 1825, p. 40.
" " Nees, Hymen. Ichneumon. affin. Monogr. I, 1834, p. 228 n. 4.
" " Haliday, Entom. Magaz. III, 1835, p. 144 n. 29.
" " Wesmael, Nouv. Mem. acad. sc. Bruxelles XI, 1838, p. 153.
" " Blanchard, Hist. nat. Insect. XXX, 1840, p. 334 n. I.
" " Westwood, Introd. mod. classif. Insect II, 1840, Synops p. 42.
" " Imhof & Labram, Insect. d. Schweiz, IV, 1845; T. 30.
" " Lucas, Explor. sc. Algerie, Zool. III, 1846, p. 337 n. 406.
" " Ratzeburg, Ichneum. d. Forstinsect. II, 1848, p. 68, n. 4.
" " Förster, Verh. preuß. Rheinl. XIX, 1862, p. 255.
" " Thomson, Opusc. entom. P. 16, p. 1725 n. 4 ♂ ♀.
" " Marshall, Spec. Hymén. Europe p. 43, 1893, V, p. 225, ♂ ♀.
Gymnoscelus tardator Szépligeti, Genera Insectorum, 22—24, 1904, p. 151.
" " " , Ann. mus. nat. Hung. VI, 1908, p. 426.

Kopf fast kubisch, hinter den Augen abgerundet, wenig erweitert. Hinterhaupt gerandet. Schläfen sehr breit, fast breiter wie die Augen. Wangen von etwas mehr als $^2/_3$ Augenlänge. Clipeus gerade abgestutzt, Mundöffnung quer und ziemlich groß. Gesicht grobrunzelig. Gesichtsdorn kräftig, nach hinten leistartig erweitert. Stirngrube innen glatt mit feinem Mittelleistchen. Fühler 20—36gliederig, gegen das Ende zu perlschnurartig abgesetzt. Schläfen außen, Scheitel und Hinterhaupt fast glatt nur mit feinen und zerstreuten Punkten bedeckt. Thorax fast glatt; Mittellappen des Mesonotum etwas buckelig vorstehend. Notauli krenuliert in einem zelligrunzeligen Feld zusammenmündend. Präskutellargrube nur mit einer Querleiste. Schildchen oben fast glatt. Pleuren lederartig runzelig, Mesopleuren in der Mitte fast glatt, Sternaul als eine unregelmäßige runzelige Vertiefung angedeutet. Mediansegment grobzellig runzelig mit undeutlicher Felderung. Gewöhnlich nur ein langes durch 2 mehr oder minder deutliche Leistchen begrenztes Mittelfeld zu sehen. Flügel wie bei *H. carinator* Nees. Im Hinderflügel die Radialader leicht geschwungen. Diskoidalquerader fast gerade. Hinterleib fast keulenförmig, 1. Tergit ca. 2mal so lang als hinten breit, ziemlich grob, lederartig runzelig mit 2 deutlichen und vorne kräftigen fast parallelen Längsleisten. 2. Tergit fast quadratisch, feiner und etwas regelmäßiger runzelig als das vorhergehende. Die folgenden Tergite quer und glatt. Bohrer von Körperlänge. Länge 10—14 mm, Bohrer 12 mm, bei einzelnen Rassen etwas länger oder kürzer.

Schwarz, ziemlich glänzend, Palpen bisweilen, Tegulae und Beine rotgelb, letztere mehr rot. Hinterschienen und Tarsen geschwärzt. Flügel leicht getrübt, Stigma schwarz.

Die Stammform scheint auch bei Bockkäfern zu schmarotzen. Kirchner (l. c. S. 33) gibt *Callidium violaceum* L. als Wirt an.

Hierher mehrere Rassen dieser sehr veränderlichen Art, die auch als eigene Art beschrieben wurden.

1. Var. cylindricus Wesm.

Helcon cylindricus Wesmael, Nouv. mém. acad. sc. Bruxelles IX, 1835, p. 183 n. 1.
" " " , idem XI, 1838, p. 151 n. 1.
" " Marshall, Spec. Hymen. Europe P. 43, 1893, V, p. 224.
Gymnoscelus tandator var. angustatus Szépligeti, Genera Insectorum 22—24, 1904, 151.
" " " *cylindricus* Szépligeti, Ann. Mus. Nat. Hung. VI, 1908, p. 26.

Mediansegment wie bei der Stammform mit einem langen durch 2 Leisten begrenzten Mittelfeld. 1. Tergit an der Basis wenig verschmälert, dessen Längskiele ganz kurz, kaum angedeutet. 2. Tergit etwas länger als breit, mehr oder weniger fein runzelig. Bohrer von Körperlänge, Länge 9—10 mm. Färbung wie bei der Stammform. (Siehe *H. redactor* Thunbg.) Aus Tetropiumlarven gezogen.

2. Var. angustatus Nees.

Helcon angustatus Nees, Magaz. Ges. naturf. Fr. Berlin VI, 1892, p. 219, n. 3.
" " " , Hymen. affin Monogr. I, 1834, p. 228.
" " Haliday. Entom. Magaz. III, 1835, p. 144, n. 30.
" " Marsh. Spec. Hymen. Europe. P. 43, 1893, V, 226, 1904, p. 151.
Gymnoscelus tardator var. angustatuor Szépligeti, Genera Insectorum 22—24.
" " " " " , Ann. Mus. Nat. Hung. VI, 1908, p. 426.

Mediansegment ohne deutliches Mittelfeld. 1. Tergit an der Basis stark verengert. Längskiele dieses Tergites schwach angedeutet. 2. Tergit fast quadratisch, glatt oder mit einigen Runzeln an der Basis. Bohrer von etwas mehr als Hinterleibslänge bis fast Körperlänge. Färbung wie bei der Stammform.

Arten, deren Stellung bei *Helcon* keine Berechtigung hat, die aber unter diesen Namen beschrieben wurden.

11. Helcon intricator Ratz.

Helcon intricator Ratzeburg, Ichn. d. Forstins. III. 1852, p. 247 ♂.
" " Marshall, Spec. Hymen. Europe p. 43, 1893, V, p. 227, n. 1, ♂.
" " Szépligeti, Genera Insect 22—24, 1904, p. 152.
Gymnoscelus intricator Szépligeti, Ann. Mus. Nat. Hung. VI, 1908, p. 426.

„Eine neue, dem *Helcon carinator* sehr nahe verwandte Form, die aber noch narbiger als jene ist (die runzeligste unter allen mir bekannten, indem nicht allein der 2. Ring ganz und gar runzelig ist, sondern auch der 3. ist noch fast ganz mit feinen intrikaten Längsstrichelchen bedeckt." (n. Ratzeburg.)

Von Herrn Wachtel aus *Grapholitha dorsana* F. gezogen. (Ist ein Macrocentrus.)

12. Helcon lignator Lep.

Helcon lignator Lepeletier, Encycl. méthod. Insect. X, 1825, p 40 n. I, ♀ ♂.
Ichneumon (Helcon) lignator Blanchard, Cuvier: Regn animal. Ed 3a, Insect, II, 1890, T. 112, F. 6.

Helcon niger, palpis pedibusque ferrugineis, posterioribus apice fuscis. Long 7 à 8 lign. Noir. Tête et corselet fortement ponctués; les deux

premiers segmens de l'abdomen rides irregulièrement. Palpes et pattes de couleur fauve. Partie inférieure des derniéres jambes et leurs tarses noiràtres. Ailes transparentes, à nervure brunes, le point épais des supérieures noiratre. Tarière plus longue que l'abdomen., ses fourreaux un peu velue. Femelle.

Le male a les jambes postérieures entièrement noires.

Commun aux environ de Paris. (n. Lepeletier.)

Wohl synonym mit *Xorides ephialtoides* Kriechb. (Pimpline). Nur der Umstand, daß Lepeletier kein Wort über das Flügelgeäder verliert, könnte zu Zweifeln Anlaß geben, da sonst auf Grund der Beschreibung die Synonymie mit der genannten Pimpline kaum anfechtbar ist. *Helcon* und *Xorides*arten sind früher oft miteinander verwechselt worden.

Kleine Mitteilungen.

Über Fliegenlarveninfektionen (*Lucilia sericata*) bei Schafen im Wieringermeerpolder (Zuiderzeegebiet).

Von Dr. E. A. R. F. Baudet und Dr. Otto Nieschulz.

Aus dem Institut für parasitäre und Infektionskrankheiten der Reichsuniversität zu Utrecht. Direktor Prof. Dr. L. de Blieck.

Im Sommer vorigen Jahres (1932) traten in Holland im neuen Wieringermeerpolder Larven von *Lucilia sericata* bei Schafen in auffallendem Umfang auf. Über die hervorgerufene Seuche dieses Auftretens und über geeignete Behandlungsmethoden ist an anderer Stelle berichtet worden[1]) und wir möchten uns hier auf einige mehr allgemeine Bemerkungen über das plötzlich verstärkte Auftreten der Fliegenlarven beschränken.

Infektionen von Schafen mit Larven dieser *Lucilia*-Art kommen in Holland in bestimmten Gegenden regelmäßig vor und sind der Landbevölkerung unter dem Namen „wormziekte" (Wurmkrankheit) der Schafe gut bekannt. Allgemein ist die Auffassung, daß die Infektionen allein bei Polder- und nicht bei Heideschafen vorkommen. Andererseits wird auch behauptet, daß besonders Dunenschafe befallen werden. Die Schädigungen sind bei genügender Beaufsichtigung und rechtzeitiger Behandlung gering. Irgendwelche Angaben haben wir von den betroffenen Kreisen nicht vernommen und so kam es, daß die Erkrankung bisher noch nicht zum Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen gemacht wurde.

Im Laufe des vorigen Jahres wurde nun, wie erwähnt, im neuen Wieringermeerpolder ein auffallend starkes Auftreten dieser Plage beobachtet. Dieser Polder bildet das erste große Stück Neuland, das durch die Trockenlegung der Zuiderzee gewonnen wurde und ist etwa 20000 ha groß. Die völlige Trockenlegung dieses Gebietes war erst ein Jahr vorher erfolgt.

In den Polder wurden im vorigen Jahre etwa 1200 Schafe gebracht und bei ihnen Infektionen mit Larven von Anfang Juni bis gegen Mitte Oktober beobachtet. Nach Angaben der Direktion des Wieringermeerpolders wurden im Juni 29 Schafe behandelt, im Juli 40, im August 60, im September 146 und im Oktober 23, im ganzen also 288 Schafe. Diese Zahlen entsprechen nicht genau der Anzahl erkrankter Tiere, da verschiedene Schafe mehrfach behandelt wurden, teilweise allerdings wahrscheinlich auch als Folge von Neuinfektionen. Wir waren nicht in der Lage gewesen, den Verlauf der Infektion zu verfolgen, da wir erst Beginn Oktober hiervon unterrichtet wurden, aber wir konnten noch noch einige infizierte Schafe und die schweren Schädigungen, die die Larven hervorrufen, instande sind, sehen. Nach den uns gemachten Angaben waren eine ganze Reihe Fälle tödlich verlaufen und bei schwerem Befall soll das Fell so zerfetzt gewesen sein, daß es

[1]) Tijdschr. v. Diergeneeskd. Bd. 60.

Tiere aussahen, als ob sie in einem Stacheldrahtzaun hängen geblieben wären. Bei unserem Besuch erhielten wir übrigens durchaus den Eindruck, daß es sich nicht um Verwahrlosungen handeln konnte.

Auffallend war bei diesem Ausbruch die Schwere der Infektion und ihr progressiver Verlauf. Trotz der im Juni einsetzenden Behandlung der erkennbar erkrankten Tiere stieg die Zahl der Fälle und erreichte erst im September ihren Höhepunkt, um dann als Folge des kalten Wetters rasch abzuklingen. Besonders im Hinblick auf Vorbeugungsmaßnahmen wäre es wichtig, die Umstände zu kennen, die diesen starken Ausbruch möglich gemacht haben. Hierüber sind wir vorläufig nur auf Vermutungen angewiesen.

Die Witterung war im vorigen Sommer recht günstig gewesen. Wäre dies aber der entscheidende Faktor, so müßte auch in den anderen Befallsgegenden ein vermehrtes Auftreten stattgefunden haben. In dem direkt angrenzenden alten Polder, in dem die Erkrankung regelmäßig auftritt, war dies aber nicht der Fall gewesen und auch nicht in anderen Gegenden, soweit wir durch Umfragen in Erfahrung bringen konnten. Die Gründe müssen also sehr wahrscheinlich in den örtlichen Verhältnissen gelegen haben.

Die Schafe litten nach den uns gemachten Angaben häufig an Diarrhöe, die sicher einen prädisponierenden Faktor darstellt. Teils wurde hierfür das Fressen von sogenannten Strandastern verantwortlich gemacht, die in dem salzhaltigen Teil des Bodens massenhaft wuchsen, teils die Trinkwasserversorgung (langer Weg znr Tränke, Aufnahme größerer Wassermengen in kurzer Zeit), doch sind dies nur Vermutungen. Wurminfektionen kamen nach unseren Feststellungen nicht als Ursache der Diarrhöe in Frage.

Es besteht sicher die Möglichkeit, daß biologische Faktoren eine wesentliche Rolle gespielt haben. Dieser neue Polder ist ein gewaltiges Stück Neuland, das dem Meere erst kürzlich entrissen wurde und nicht nur von Menschen, sondern auch von Tieren neu besiedelt werden mußte. Es wird stets eine gewisse Zeit vergehen müssen, bis die Fauna derjenigen der angrenzenden Gebiete entspricht und während dieser Zeit sind Störungen im Gleichgewicht der Arten zu erwarten. Diese Störungen scheinen uns noch die befriedigenste Erklärung für das gehäufte Auftreten der Fliegenlarven bei den Schafen abzugeben. Die Imagines von *L. sericata* besiedelten als gute Flieger das Neuland wahrscheinlich schnell und setzten sich dort fest, während ihre natürlichen Feinde (u. a. Schlupfwespen) nicht in demselben Maße folgten. Es ist auch möglich, daß die Fliegen, die hauptsächlich primäre Kadaverfliegen sind, in dem von Tieren und Menschen (Küchenabfälle) noch schwach besiedelten Gebiet nicht genügend anfallende Kadaver vorfanden und daher auch während der späteren Monate des Sommers weiter Schafe angriffen, während ihnen in den alten Gebieten inzwischen reichlich Kadavermaterial zur Verfügung stand.

Wir hatten gehofft, in diesem Sommer die Krankheit näher untersuchen zu können, da die Absicht bestand, dieses Jahr 20000 Schafe in dem Polder weiden zu lassen. Hiervon wurde aber wegen der schlechten Erfahrungen im vorigen Jahre abgesehen, so daß eine Fortsetzung unserer Arbeiten nicht möglich war. Auch so schienen uns aber die bisherigen Beobachtungen wegen ihres möglichen Zusammenhanges mit der gewaltigen Neulandgewinnung an der Zuiderzee und der damit verbundenen interessanten biologischen Verhältnisse einer kurzen Erwähnung wert zu sein.

Zusammenfassung.

Es wird ein auffallend starkes Auftreten von Larven von *Lucilia sericata* bei Schafen im Wieringermeerpolder (Holland) beschrieben und auf die Möglichkeit gewiesen, daß dieser starke Befall mit Störungen im Gleichgewicht der Fauna bei den Neulandgewinnungen an der Zuiderzee in Beziehung steht.

Dem 60jährigen Prof. Dr. Enoch Zander.

Es wird wenige wissenschaftliche Anstalten geben, in denen der Pulsschlag der Wissenschaft und der von ihr geförderten Praxis so rege schlägt, so weite Kreise zieht und dadurch zum wahren Mittelpunkt eines Fachgebietes geworden ist, wie das bei der bayerischen Landesanstalt für Bienenzucht der Fall ist. Die Seele dieser Anstalt ist ihr Leiter Prof. Dr. Enoch Zander, dessen 60. Geburtstagsfeier die deutsche Imkerei mit großer Anteilnahme begangen hat.

Ein jugendlicher Sechziger fürwahr, ein Führer seiner Wissenschaft, der trotz seiner 60 Jahre mit Begeisterung und Schaffensfreude sich die Vertiefung seiner Wissenschaft bis auf den heutigen Tag angelegen sein läßt. Und dieser Schaffensdrang, dieses Aufgehen in seinem Berufe kennzeichnet den Gelehrten, dessen Verdienste um die Bienenzucht, ihre wissenschaftliche Ergründung und ihren praktischen Ausbau, so vielseitig sind, daß man ihnen im Rahmen eines Aufsatzes unmöglich gerecht werden kann.

Prof. Dr. Enoch Zander.

Am 19. Juni 1873 in Zirzow bei Neubrandenburg (Mecklenburg-Strelitz) als Sohn eines Gutspächters geboren, entstammt Enoch Zander einem alten Geschlecht, das im 16. Jahrhundert während der Glaubensverfolgungen aus Schottland über Holland nach Mecklenburg einwanderte und heute in Norddeutschland und Schweden ansässig ist. Die Beschäftigung mit den Naturwissenschaften lag dem jungen Zander im Blute, mancher seiner Vorfahren beschäftigte sich neben seinem meistens theologischen oder juristischen Hauptberufe nachdrücklich mit naturkundlichen Studien. So war des Jubilars Großonkel Pastor Dr. h. c. Heinrich Zander in Barkow bei Grabow ein bekannter Ornithologe, dem die Wissenschaft ein großes Werk über die Vögel Mecklenburgs verdankt. So war es nicht verwunderlich, daß der junge Enoch Zander, nachdem er 1893 in Waren in Mecklenburg das Gymnasium absolviert hatte, sich dem Studium der Naturwissenschaften widmete. In den Jahren 1893—1896 besuchte Zander die Universitäten Erlangen, Kiel und Rostock, zuerst wollte er sich der Botanik widmen, aber schon in seinem 1. Semester wechselte er hinüber zur Zoologie, Selenka und Fleischmann in Erlangen, Brandt und Buchner in Kiel und der physiologische Chemiker Otto Nasse in Rostock bestimmten des jungen Zoologen wissenschaftliche Lebensgestaltung. 1897 promovierte Zander in Erlangen bei Fleischmann mit einer Arbeit über die Jodreaktion des Chitins. Schon vorher hatte ihn Prof. Fleischmann als Assistenten in das dortige Zoologische Institut gerufen, eine Stellung, die Dr. Zander mit kurzer Unterbrechung bis 1910 bekleidete. 1899 war er

zu mehrmonatlichem Studienaufenthalt an der Zoologischen Station in Neapel und 1903 vorübergehend in Kiel bei der Internationalen Meeresforschung tätig. Im Wintersemester 1903/04 habilitierte sich Zander in Erlangen für Zoologie, Biologie und vergleichende Anatomie.

Erst verhältnismäßig spät ging Zander zu dem Fach über, auf dem er heute als Autorität weit über Deutschlands Grenzen hinaus gilt. Als 1907 die Landesanstalt für Bienenzucht dem Zoologischen Institut in Erlangen angegliedert wurde, wurde Prof. Zander — sehr gegen seinen Wunsch! — unter Geheimrat Fleischmanns Oberleitung zum wissenschaftlichen Leiter der Anstalt ernannt. Drei Jahre versah Zander dieses Amt neben seiner Tätigkeit als Assistent des Institutes, bis er sich dann der vermehrten Beanspruchung entsprechend 1910 ganz der Leitung der Landesanstalt widmete. Als in demselben Jahre Landesinspektor Hofmann, der die praktische Bienenzucht bis dahin betreute, nach München übersiedelte, übernahm Zander auch die Sorge für die Praxis. 1912 zum a. o. Professor ernannt, oblag Zander mit Feuereifer und echt mecklenburgischer Zähigkeit seinen Pflichten und förderte Wissenschaft und Praxis der Imkerei in gleich hervorragendem Maße. Die Aufdeckung der Nosemaseuche, seine tiefschürfenden Untersuchungen über die Anatomie, Biologie und Morphologie der Insekten, vor allem der Honigbiene, seine praktischen Erfolge bei der Wahl der richtigen Bienenwohnung durch die Zanderbeute, die Einrichtung des vorbildlichen Erlanger Bienengartens, die Hebung der Königinnenzucht, alles das sind Marksteine des langwierigen und mühevollen Weges des rastlos tätigen Gelehrten, der unendlich vielen praktischen Imkern und Wissenschaftlern gern Wegbereiter und Wegweiser geworden ist

Lange Jahre geschahen alle diese Arbeiten in einem Raume des Zoologischen Instituts unter geradezu dürftigen Verhältnissen. Erst 1927 konnte die Landesanstalt in ein eigenes schönes Heim am Dietrich Eckartplatz 21 einziehen, eine Feier, aus deren Anlaß dem Forscher Titel, Rang und Rechte eines ordentlichen Universitätsprofessors eingeräumt wurden und er gleichzeitig zum Landesinspektor und Direktor der Landesanstalt ernannt wurde. Aus Anlaß des 25 jährigen Bestehens der Anstalt am 1. November 1932 verlieh der deutsche Imkerbund dem verdienten Fachmann die höchste Auszeichnung, die er zu vergeben hat, die silberne Wabe. So feierte der Gelehrte, von Wissenschaft und Praxis anerkannt und geehrt, seinen 60. Geburtstag und unzählige herzliche Wünsche der deutschen Bienenzüchter, die dem Jubilar unendlich Viel verdanken, sind an diesem Tage in die stille Gelehrtenstube nach Erlangen gerichtet worden, in der es bisher und auch in Zukunft nur eine Sorge gab und geben wird: Die Sorge um die Hebung der deutschen Imkerei.

Dr. H. W. Frickhinger.

Chortophila rubicola n. sp., ein Schädling der Himbeertriebe.

Von Professor Dr. Günther Enderlein.

Nachstehend wird die Diagnose einer bisher noch unbekannten Anthomyine gegeben, die Herr Dr. H. Pape (Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Zweigstelle Kiel) aus Himbeertrieben züchtete.

Muscidae, *Anthomyinae*, *Anthomyini*.

Chortophila Macq. 1835.

Chortophila rubicola nov. spec.

Außerordentlich nahe mit *Ch. dentiens* Pand. 1900 verwandt und von dieser Spezies nur durch Folgendes unterschieden:

Flügel in beiden Geschlechtern hyalin, sehr leicht grau getönt, nur das Basalsechstel braungelb. Die senkrecht nach unten gerichtete Bauchlamelle des Hypopyg des ♂ tief-

schwarz, distal ziemlich dick und die Spitze keine Spur nach vorwärts gebogen; nach der Basis zu immer breiter werdend.

Körperlänge ♂ $5^1/_2$ mm, ♀ 5—6 mm. Flügellänge ♂ 5 mm, ♀ 5—$5^1/_2$ mm.

Kitzeberg bei Kiel, Larven im Innern von Himbeertrieben, ♂ und ♀ in der ersten Hälfte des Mai 1933 gezüchtet von Dr. H. Pape.

Typen im Museum Berlin.

Das Schadbild entspricht nach Dr. Pape dem von Tullgren (Kulturväxterna och Djurvärlden, Stockholm 1929) beschriebenen und abgebildeten. Jedoch kommt weder *Chortophila dentiens* Pand. 1900 (cf. Stein, Arch. Naturg. 79, Abt. A, Heft 8, S. 50) in Frage, (die gelbbraun getönten Flügel und gelbbraune bis braune Bauchlamellen des Hypopyg des ♂ besitzt; letzteres viel schlanker, an der Spitze etwas nach vorwärts umgebogen und basalwärts weniger breit), noch die amerikanische *Ch. rubivora* (Coqu. 1897 [Canad. Ent. 29, 1897, S. 162]), die hyaline Flügel besitzt, sich aber von den beiden anderen Arten dadurch unterscheidet, daß r_{4+5} und m_1 nicht parallel ist, sondern deutlich divergierend. Ein kleines und zierliches vorliegendes ♂ [aus U. S. A. (Pullmann Wash. 4. 3. 1901), das Herr H. C. Huckett 1932 als *Ch. rubivora* (Coqu.) determinierte, hat keine nach unten zu senkrecht gerichtete Bauchlamelle des Hypopyg. *Ch. rubivora* Coqu. lebt gleichfalls in Himbeertrieben, dagegen *Ch. dentiens* Pand. in *Spiraea* (nach Handlirsch), speziell *Spiraea ulmaria* (nach Pandellé).

Band XX, Heft 3.

Originalaufsätze.

Studien zur Ökologie des Kiefernspinners, Dendrolimus pini L.

(Der Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf Sterblichkeit und Entwicklungsdauer.)[1]

Von

Toshibumi Kojima.[2]

(Aus dem Institut für angewandte Zoologie, München.)

(Mit 11 Abbildungen.)

Über den Kiefernspinner, *Dendrolimus pini* L., liegt bereits eine größere Anzahl Untersuchungen vor. Es sei nur an die Arbeiten von Ratzeburg (21, 22), Eckstein (6) und Wasiliev (27) erinnert. Unter den neueren Autoren haben sich Lebedev und Savenkov (17, 18), I'lnskii (13), Kazanskii (15), Seitner (23), Shishkin (25) u. a. mit dem Kiefernspinner beschäftigt.[3] In all diesen Arbeiten sind die bionomischen Verhältnisse von *D. pini* und seine Beziehungen zur belebten Umwelt in den Vordergrund der Betrachtung gerückt. Spärlich sind dagegen Beobachtungen über die Beziehungen der Art zur unbelebten Umwelt, insbesondere zu den Faktoren, die Witterung und Klima bedingen. Knoche (16) teilt einige allgemein gehaltene diesbezügliche Angaben mit. Danach soll trockene, warme Witterung den Schädling in seiner Entwicklung begünstigen, naßkalte hingegen hemmend auf ihn einwirken. Eine experimentelle Begründung gibt seine Untersuchung nicht.[4]

Zur Füllung dieser Lücke beizutragen ist das Ziel der vorliegenden Arbeit. Ihre Durchführung war um so naheliegender, als die bedeutsame

---

[1]) Abgeschlossen am 14 Dezember 1932.

[2]) Jetzt: Tokio.

[3]) Vgl. auch Nüßlin-Rhumbler (19), sowie Wolff und Krause (28).

[4]) Einige experimentell fundierte Daten finden sich übrigens bei Prochnow (20). Sie beziehen sich auf die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit des Kiefernspinnereies von der Temperatur und behandelt das Problem unter rein physiologischen Gesichtspunkten.

Rolle des Klimas bei der Entstehung von Massenvermehrungen zahlreicher Insekten hinlänglich bekannt ist. Daß dabei die neueren experimentell-ökologischen Untersuchungsmethoden Anwendung fanden, ist durch die Resultate vollauf gerechtfertigt, die mit ihrer Hilfe an anderen Objekten in den letzten Jahren erzielt wurden.[1]) So umfaßt der folgende Bericht die Ergebnisse von Untersuchungen über den Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit — den für das Insektenleben wohl wichtigsten Klimafaktoren — auf Sterblichkeit und Entwicklungsdauer von Ei, Larve I und II, des Kiefernspinners. Für die älteren Larvenstufen, desgleichen für die Puppe, mußte sich das Studium auf eine verhältnismäßig geringe Zahl von Versuchstieren beschränken; immerhin geben auch diese Ergebnisse gewisse Anhaltspunkte zur Beurteilung der Bedeutung klimatischer Einflüsse im Leben des Spinners. Nicht behandelt werden konnte wegen Materialmangels der Einfluß der genannten Faktoren auf die Eiablage des Kiefernspinners. Auch die Frage nach der Abhängigkeit der Generationszahl von *D. pini* von klimatischen Einflüssen bleibt noch zu klären. Daß eine solche besteht, deuten die Angaben von Ratzeburg an, wonach die in Mitteleuropa normalerweise monozyklische Generation des Spinners sich in naßkalten Jahren über 2 Winter erstrecken kann. Daß dies mit klimatischen, insbesondere Temperatureinflüssen zusammenhängt, wird auch durch die Beobachtungen von Aullos (1) wahrscheinlich gemacht, denen zufolge die Art in Spanien bizyklisch ist, also 2 Generationen im Jahr durchläuft.[2])

Die Untersuchungen wurden von Juni 1931 bis Dezember 1932 im Institut für angewandte Zoologie in München durchgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Vorstand des Institutes, Herrn Geheimrat Prof. Dr. K. Escherich, für die Unterstützung, die er mir während meiner Tätigkeit in München gewährte, und für das Interesse, das er meiner Arbeit stets entgegenbrachte, aufrichtig zu danken. Dank schulde ich auch Herrn Prizatdozent Dr. Zwölfer, der mir bei der Durchführung dieser Arbeit beratend zur Seite stand.

Material und Methode.

Zu den Versuchen des Jahres 1931 verwendete ich die im Laboratorium gezüchtete Nachkommenschaft (Eier, Larve I und II) von Raupen, die im voraufgehenden Winter an ihren natürlichen Überwinterungsplätzen gesammelt worden waren. Sie stammten aus der Mark Brandenburg. Eine zweite Freilandmaterialsammlung erhielt ich im Frühjahr 1932. Von diesen Raupen lebten 565 Stück, während 677 von Cordiceps infiziert und 87 während des Transportes beschädigt waren. Für Versuchszwecke fand selbstverständlich nur das gesunde Material Verwendung. Eine dritte Freilandmaterialsendung, bestehend

[1]) Bodenheimer (3, 4, 5), Escherich (9), Graham (12), Imms (14), Shelford (24), Uvarov (26), Zwölfer (29 und 30) u. a.

[2]) Infolge meiner Rückreise nach Japan im Dezember 1932 war mir die Klärung dieser Frage leider nicht mehr möglich.

aus einer großen Zahl von Puppen der obigen Herkunft gelangte im Juli 1932 in meinen Besitz. Die beiden letzten Sendungen fanden zur Ergänzung der 1931 begonnenen Versuche Verwendung.

Zur Erzielung konstanter Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse bediente ich mich der von Zwölfer (29, 31) ausgearbeiteten Methode. Die Temperatur wurde dabei mittels des verbesserten Williamschen Brückenthermostaten, die verschiedenen Feuchtigkeitsstufen mit Hilfe der neuen Doppelschalenmethode, unter Benutzung feuchter Salze erzeugt. Das Verfahren ist von dem genannten Autor bereits eingehend beschrieben worden, so daß sich seine ausführliche Mitteilung hier erübrigt. Es sei nur erwähnt, daß 100 % relative Luftfeuchtigkeit mit H_2O, 89—95 % mit KNO_3, 70—80 % mit NaCl, 49—61 % mit $Ca(NO_3)_2$, 29—35 % mit $CaCl_2$ krist., 17 % mit $ZnCl_2$ und 0—5 % mit $CaCl_2$ sicc. erzeugt worden sind. Soweit erforderlich, wurden die Salze im Laufe der Versuche mehrmals gewechselt. Im übrigen habe ich die Temperatur der einzelnen Zellen des Brückenthermostaten täglich abgelesen und notiert. Bei der Auswertung der Resultate wurden die während der Laufzeit der einzelnen Versuche herrschenden Temperaten zugrunde gelegt. Für jene Versuchsgefäße, die nicht in unmittelbarer Nähe der Thermometer standen, fand dabei zur Ermittlung der wirkenden Temperatur ein Interpolationsverfahren Anwendung, daß sich auf Zwölfers Diagramm (31, Abb. 5) der Temperaturverhältnisse im Brückenthermostaten stützt.

Zu den Untersuchungen über die Sterblichkeit und Entwicklungsdauer wurden stets frisch abgelegte Eier und zwar am Tage der Eiablage verwendet; bei den Versuchen mit L. I und L. II fanden jeweils frischgeschlüpfte Larven des I. Stadiums bezw. frischgehäutete Larven des II. Stadiums Verwendung. Die Versuchsobjekte sind sämtlich vor Beginn der Experimente unter Zimmertemperatur und Feuchtigkeit gezogen worden.

Soweit mein Material ausreichte, wurde jeder einzelne Versuch in doppelter Wiederholung angesetzt, um Fehlerquellen möglichst auszugleichen. Allerdings war es hierbei aus Raummangel nicht immer möglich, beide Versuchsgefäße unter genau denselben Bedingungen im Thermostaten einzustellen. Dies gilt namentlich für die niederen Temperaturstufen, bei welchen infolge der längeren Laufzeit der einzelnen Versuche der verfügbare Raum stark eingeschränkt war.

Das Futter, bestehend aus frischen, vorjährigen Kiefernnadeln, ist bei der täglichen Kontrolle der Versuchsgefäße jeweils neu gereicht worden. Ich habe dabei sorgfältig darauf geachtet, daß genügend, aber nicht überflüssig viel Futter in die Schalen eingelegt wurde, da infolge der Wasserverdunstung der frischen Kiefernnadeln die Luftfeuchtigkeit in den Versuchsgefäßen hätte beeinflußt werden können.

Was die Beobachtungen über die Eiablage, Eizahl usw. anbetrifft, so fanden diese unter Laboratoriumsbedingungen statt. Hierzu wurden frischgeschlüpfte Falter paarweise in Zwinger von ca. $20 \times 20 \times 20$ cm Größe eingesetzt, in welche zuvor einige Kiefernzweige und etwas feuchtes Moos eingelegt worden war.

Kopula und Eiablage.

Das Schlüpfen der Falter fand in meinen Zuchten (unter Laboratoriumsbedingungen) vom 29. Mai bis zum 14. August statt.

In einigen Fällen erfolgte Schlüpfen und Beginn der Kopula in ein und derselben Nacht. Es scheint demnach, daß die Falter im Zustand der Sexualreife schlüpfen. Meist allerdings beginnt die Begattung erst am Abend des folgenden Tages. Der Zeitpunkt kann übrigens bis zu 8 Tage hinausgezögert werden, auch wenn die beiden Geschlechter vom Tage des Schlüpfens an zusammen gehalten werden. Obschon die Bedingungen möglichst natürlich gehalten wurden, so gelang es vereinzelt doch nicht

eine Begattung zu erzielen. In solchen Fällen blieb auch ein Wechsel der den Weibchen beigesellten Männchen ergebnislos, den ich in der Annahme ausführte, daß derartige Weibchen vielleicht bestimmte Männchen bevorzugen würden.

Der Beginn der Begattung findet stets am Abend bezw. bei Nacht statt. Sie währt normalerweise bis zum folgenden Abend. Die Stellung, die die beiden Partner dabei einnehmen, ist bereits von Ratzeburg (21) und Eckstein (6) richtig beschrieben worden: Männchen und Weibchen sind mit entgegengesetzt gerichteten Köpfen verhängt, ersteres sitzt unten, letzteres oben. Im Zustande der Begattung sind die Tiere tagsüber völlig bewegungslos. Werden sie während derselben gestört, so lassen sie sich gemeinsam fallen, stoßen die im sackartig erweiterten Enddarm enthaltenen flüssigen Exkremente aus, und das Weibchen verfällt in einen vorübergehenden Starrezustand. Das Männchen bewegt sich in der Regel nach dem Herabfallen des Paares, bleibt aber auch weiterhin mit dem Weibchen verhängt. Normalerweise findet übrigens das Ausstoßen der aus der Puppe übernommenen flüssigen Abbauprodukte erst nach der Begattung statt. Ähnliches beobachtete Lebedev (18). Mit Eintritt der Dämmerung beginnt das kopulierte Pärchen lebhaft zu werden und die Begattung zu lösen. Das Weibchen fängt anschließend mit der Eiablage an.

Im Mittel von 19 Versuchstieren betrug die Gesamtlebensdauer 9,5 Tage (Max. 18 Tage, Min. 3 Tage). Die Lebensdauer nach Abschluß der Kopula lag bei 37 Versuchstieren im Mittel bei 7,8 Tagen (Max. 13, Min. 2 Tage).

Was das Geschlechterverhältnis anbetrifft, so war es in meinen Zuchten starken Schwankungen unterworfen, ohne daß es mir möglich ist, einen plausiblen Grund dafür anzugeben. So betrug es in den Zuchten des Jahres 1931 Weibchen : Männchen = 25 : 13; 1932 erhielt ich aus dem eingesandten Raupenmaterial, soweit es nicht für Thermostaten-Experimente Verwendung fand, 32 Weibchen und 55 Männchen, und aus dem im Juli in meine Hände gelangten Puppenmaterial schlüpften 56 Weibchen und 26 Männchen. Lebedev und Savenkov beobachteten bei rund 600 Versuchstieren ein Geschlechterverhältnis von 1 : 1.

Unmittelbar nach Abschluß der Begattung beginnt die Eiablage. Sie währt mit Unterbrechungen bis zum Tode des Weibchens. Bei 46 Versuchstieren betrug die Eizahl:

n	Max.	Mittel	Min.	Standartabweichung
46	436	230	99	± 70,5

Die Zahl von einem Weibchen abgelegter Eier ist demnach großen Schwankungen unterworfen. Wie Eckstein (6) und Lebedev (17) festgestellt haben, hängt sie vom Körpergewicht der Falter ab, welches

seinerseits wohl durch den Ernährungszustand der voraufgehenden Larvenperiode bestimmt wird. Eckstein und ebenso Eidmann (8) geben als Maximalzahl abgelegter Eier 330 an. Der von mir beobachtete Maximalwert ist erheblich höher. Eizahlen über 330 Stück erzielte ich bei 4 Individuen.

Zur Feststellung des Entwicklungszustandes der Ovarien bei schlüpfenden Faltern wurden zwei frischgeschlüpfte Weibchen seziert.

Die folgende Tabelle enthält das Untersuchungsergebnis. Erwähnt sei, daß die legereifen Eier sich von den Eianlagen durch die bedeutend dickere und dunkler gefärbte Schale leicht unterscheiden.

Nr.	Zahl der legereifen Eier	Zahl der Eianlagen	Gesamtzahl
1	165	314	479
2	166	184	350

Der Befund deckt sich im wesentlichen mit den diesbezüglichen Beobachtungen Ecksteins (6) und Eidmanns (8). Vergleicht man die Zahl der beim Schlüpfen vorhandener legereifer Eier mit der oben genannten Durchschnittszahl von einem Weibchen im Laufe seines Lebens abgelegter Eier, so erhellt, daß eine teilweise postmetabole Eientwicklung stattfindet.

Zur Ergänzung dieses Befundes sezierte ich 9 Weibchen, die normal abgelegt hatten, nach ihrem physiologischen Alterstod. Das Ergebnis der Ovarialuntersuchung ist in folgender Tabelle niedergelegt:

n	Abgelegte Eier			Im Abdomen zurückgebliebene legereife Eier			Zurückgebliebene Eianlagen (= „unreife“ Eier)			Abgelegte + zurückgebliebene legereife Eier
	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel	Min.	
9	314	258	220	27	12,2	3	28	10,9	0	270,2

Es geht hieraus hervor, daß die beim Schlüpfen der Falter vorhandenen Eianlagen im Laufe des Imaginallebens teilweise zu legereifen Eiern umgebildet und als solche abgelegt werden, während ein anderer Teil der Anlagen offenbar resorbiert wird. Letzteres folgt aus der Gegenüberstellung der Zahlen in den beiden Tabellen über den Eibefund bei schlupffreien Weibchen und bei Tieren, die nach der Eiablage normal abgestorben waren. Eidmann äußert ähnliches.

Über den zeitlichen Ablauf der Eiablage (unter Laboratoriumsbedingungen), wie er im Mittel von 28 begatteten Weibchen festgestellt werden konnte, gibt die nachfolgende Tabelle Aufschluß:

Tage nach Kopula	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Gesamtzahl der abgelegten Eier
Zahl der abgelegten Eier .	116,7	44,1	18,9	13,9	11,0	6,3	3,5	1,4	2,5	1,1	0,9	0,3	220,6
% der Gesamtzahl	53,0	20,0	6,6	6,3	5,0	2,9	1,6	0,6	1,0	0,5	0,4	0,1	100,0

Die Weibchen legen demnach, wie schon Lebedev (17) feststellte, am ersten Tage nach der Begattung über die Hälfte ihrer gesamten Produktion an legereifen Eiern ab. Insbesondere wird offenbar der beim Schlüpfen vorhandene Vorrat an legereifen Eiern an diesem ersten Tag vollständig abgesetzt. Die weitere Eiablage erfolgt langsam und stetig abnehmend, was einen Rückschluß auf den zeitlichen Ablauf der postmetabolen Eientwicklung zuläßt.

Diese Verhältnisse sind von gewisser praktischer Bedeutung: Wasiliev hat den Fang der Falter als Bekämpfungsmaßnahme empfohlen, unter dem Hinweis, daß die Weibchen tagsüber bewegungslos und nicht sehr hoch über dem Boden an den Stämmen sitzen. Nach dem Befund über den Ablauf der Eiablage hat diese Maßnahme nur dann Erfolg, wenn die frischgeschlüpften Falter erfaßt werden. — In Sachalin und Hokkaido ist das Auftreten einer verwandten Kiefernspinnerart, des *D. sibiricus*, zeitweise so stark, daß Schiffe und Boote, die Licht führen, bei Nacht in stärkstem Ausmaß von den Faltern angeflogen werden. Man hat denn auch versucht, in jenen Gegenden den Lichtfalterfang im großen durch Anzünden von Feuern in den Wäldern auszuüben. Ich halte diese Maßnahme auf Grund meiner Befunde über die Eiablage für wenig erfolgversprechend, da die Weibchen des Kiefernspinners kurz nach dem Schlüpfen, ehe sie sich ihres Haupteivorrates entledigt haben, sehr träge und fast flugunfähig sind. Erst nach der Haupteiablage werden sie lebhaft und machen von ihrem Flugvermögen Gebrauch. —

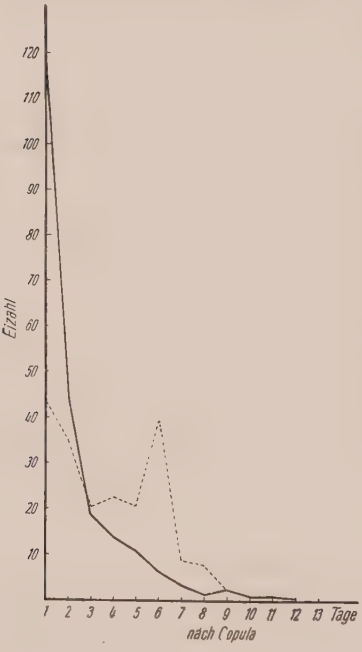


Abb. 1. Durchschnittliche tägliche Eiablage begatteter und unbegatteter Weibchen. (——— bei begatteten ♀♀; — — — bei unbegatteten ♀♀.)

Auch die unbegatteten Weibchen legen einen Teil ihres Eivorrats ab, doch ist bei ihnen der zeitliche Ablauf der Eiablage grundsätzlich von jenem begatteter Weibchen verschieden. Die folgende Tabelle, die die Beobachtungen an 4 unbegatteten Weibchen zusammenfaßt, gibt darüber Aufschluß:

Tage nach Kopula	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gesamteiablage
Zahl der abgelegten Eier .	44,0	35,0	20,5	22,5	20,5	39,5	8,8	7,7	2,5	20,1
% der Gesamteiablage . .	21,8	17,8	10,4	11,2	10,4	14,9	4,4	3,8	1,2	100,0

Anschaulich gehen die Unterschiede im zeitlichen Ablauf der Eiablage begatteter und unbegatteter Weibchen aus dem Diagramm Abb. 1 hervor, das nach dem Gesagten keiner weiteren Erläuterung bedarf. —

In jenen Fällen, in denen die Weibchen erst mehrere Tage nach dem Schlüpfen begattet wurden, setzt die Haupteiablage erst im Anschluß an die Kopula ein. Vor der Begattung legten zwar solche Tiere auch Eier ab, doch nur in geringer Anzahl. Die Beobachtungen an 3 Weibchen geben hierüber Aufschluß. Sie zeigen deutlich, daß der Hauptanstoß zur Eiablage von der Kopula ausgeht.

Versuchs-nummer	Vor Kopula (Tage)								Nach Kopula (Tage)						
	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7
1	22	11	15	27	16	29	18	14	152	20	10	1	1	—	—
2	—	—	—	—	14	13	11	10	245	49	8	6	13	6	10
3	—	—	—	3	9	—	51	—	58	23	4	8	7	4	2

Die Angabe von Lebedev und Savenkow (17), daß die Eier der späteren Gelege allmählich kleiner werden, kann ich bestätigen. Da die Erscheinung von den Genannten bereits eingehend behandelt worden ist, erübrigt sich ein weiteres Eingehen auf den Gegenstand.

Die Sterblichkeit des Eies.

Die diesbezüglichen Versuche erstreckten sich über den Sommer 1931 und 1932. Es wurde darauf geachtet, daß nur solches Eimaterial Verwendung fand, das von begatteten Weibchen stammte. Einige Mißerfolge, die sich anfangs einstellten, führe ich auf den Umstand zurück, daß bei den zu den Vorversuchen benutzten Eiern dieses Moment noch nicht berücksichtigt wurde. Solche unbefruchteten Eier zeigen im Verlauf des Versuchs keinerlei Entwicklungsanzeichen. Ihre Farbe bleibt grün. Allmählich schrumpfen sie ein. Ich habe derartige Eier vereinzelt auch unter jenem Material angetroffen, das von sicher begatteten Weibchen abstammte. Dies läßt vermuten, daß auch begattete Weibchen gelegentlich einzelne unbefruchtete Eier absetzen. Dadurch entstehen natürlich unvermeidbare Störungen der Versuche. Die Schwankungen innerhalb der Parallelversuche möchte ich diesem Umstand zuschreiben.

Die Bestimmung der Eimortalität fußt auf 122 Einzelversuchen mit insgesamt 11 846 Eiern. 27 Versuche liefen in doppelter Wiederholung. Bei diesen lag die Abweichung vom Mittel im allgemeinen zwischen $\pm 3\%$ bis $\pm 10\%$. Die geringste Abweichung betrug $\pm 0{,}9\%$; die größte $\pm 38{,}5\%$.

Die graphische Auswertung der Versuchsergebnisse[1]) nach dem von Shelford angewandten und von Zwölfer[2]) weiter ausgebauten Inter-

[1]) Infolge Raummangels mußte auf eine tabellarische Mitteilung der einzelnen Versuchsresultate verzichtet werden.

[2]) Bei Abschluß der Arbeit war die Methode des letzteren noch nicht veröffentlicht. Ich beziehe mich hier auf persönliche Mitteilungen.

polationsverfahren, führte auf das Diagramm Abb. 2. Der Verlauf der 5% Mortalitätsgrenze läßt erkennen, daß das Kiefernspinnerei große Widerstandsfähigkeit gegen Temperatur und Luftfeuchtigkeit aufweist. Diese Grenzlinie bewegt sich zwischen Temperaturen von 14°—31° C und relativen Luftfeuchtigkeitswerten von 40—98%. Die größte Widerstandsfähigkeit gegenüber niederen Luftfeuchtigkeitsgraden zeigt das Ei bei Temperaturen von 24° C, was aus dem Kurvenverlauf deutlich zu ersehen ist. Sie wäre als Optimaltemperatur der Eientwicklung anzusehen.

Absolut tödlich sind bei Daueraufenthalt Temperaturen unter 8,5° C und solche über 33,5° C (bei rel. Luftfeuchtigkeitswerten um 85%). Bei höheren oder geringeren Luftfeuchtigkeitsgraden wird der Bereich erträglicher Temperatur verringert.

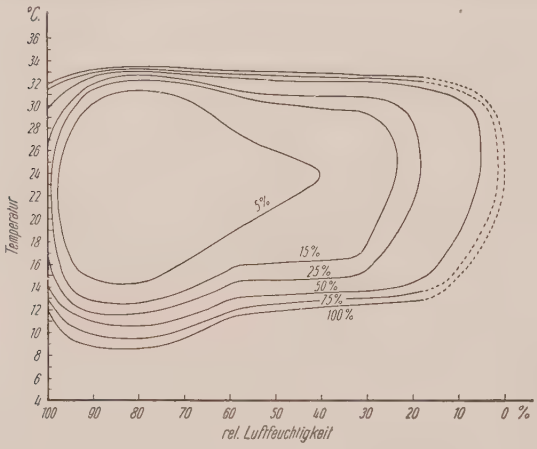


Abb. 2. Thermohygrogramm der Eisterblichkeit.

Was die Luftfeuchtigkeit anbetrifft, so liegt der größte Bereich erträglicher Temperatur bei Feuchtigkeitsgraden von 80–85%. Diese in Verbindung mit der oben genannten Temperatur von 24° C würde demnach als die günstigste Temperatur-Feuchtigkeitskombination für die Entwicklung des Kiefernspinnereies anzusehen sein.

Bei Luftfeuchtigkeitsgraden oberhalb 85% steigt die Mortalität rasch an, um bei feuchtigkeitsgesättigter Atmosphäre (100%) Höchstwerte zu erreichen. Die unter diesen Bedingungen abgestorbenen Eier waren stets verpilzt. Ob es sich hierbei um eine Pilzart handelt, die auch unter Freilandbedingungen auf dem Ei von *D. pini* auftritt, konnte ich leider nicht ermitteln. Auch ließ sich nicht feststellen, ob die Mykose die primäre Todesursache der Eier unter feuchtigkeitsgesättigter Atmosphäre ist, oder ob zunächst der Tod des Eies primär rein physiologisch bedingt wird, und die Mykose erst sekundär das abgestorbene Ei befällt.

Mit abnehmender Luftfeuchtigkeit nimmt die Sterblichkeit ebenfalls zu. Doch erweist sich das Ei des Kiefernspinners gegen diese niederen Luftfeuchtigkeitsgrade wesentlich widerstandsfähiger als gegen höhere. So tritt unter 25% relativer Luftfeuchtigkeit beispielsweise eine Sterblichkeit von nur 15% auf und bei 18% relativer Luftfeuchtigkeit ist sie nicht größer als 25%. Im einzelnen gehen diese Verhältnisse aus dem Mortalitätsdiagramm klar hervor.

Was den Zustand der Eier anbetrifft, unter dem sie unter tödlichen Bedingungen absterben, so ist bemerkenswert, daß die Embryonalentwicklung unter niederer Luftfeuchtigkeit von 17% und ebenso auch unter hohen Temperaturen von 35,2° C noch zum Abschluß kam, ohne daß aber die Tiere daß Ei verließen. Speziell bei 17% Luftfeuchtigkeit hatten die Embryonen noch Schlupflöcher in die Eischale gefressen, vermochten aber nicht mehr aus dieser herauszuschlüpfen. Bei 35,2° starben die Embryonen innerhalb des Eies ab, ohne das Schlupfloch zu nagen. Die Erscheinung zeigt jedenfalls, daß der Schlüpfakt und der damit verbundene Wechsel der Umweltsbedingungen für die Eiraupe eine kritische Periode darstellt.

Prochnow (20), der sich u. a. mit der Frage der Entwicklungsgeschwindigkeit des Kiefernspinnereies in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur befaßte, gibt an, daß sich das Ei bei einer konstanten Temperatur von 35,9° C noch völlig entwickelt. Da er sein Material kurz vor dem Schlüpfen einer Temperatur von 21° C aussetzte, unter der dann der Schlüpfakt eintritt, so sind seine Ergebnisse nicht mit den vorliegenden vergleichbar.

Die Sterblichkeit von Larve und Puppe.

Nach Eckstein schwankt die Anzahl der Larvenstadien des Kiefernspinners zwischen 5—8. Im meinen Zuchten hatte ich im allgemeinen 7 Larvenstufen festgestellt. Zur Unterscheidung der einzelnen Stufen diente die Kopfkapselbreite, über welche die folgende Tabelle Aufschluß gibt:

Larvenstadium	Zahl der Messungen n	Kopfkapselbreite in mm			Standort-abweichung mm
		Maximum	Mittel	Minimum	
I (Eiraupe)	35	1,29	1,20	1,14	± 0,034
II (Einhäuter)	59	1,76	1,63	1.52	± 0,038
III (Zweihäuter)	80	2,21	2,37	1,88	± 0,066
IV (Dreihäuter)	50	2,81	2,65	2,47	± 0,086
V (Vierhäuter)	37	3,86	3,50	3,04	± 0,228
VI (Fünfhäuter)	60	4,56	4,09	3,74	± 0,243
VII (Sechshäuter)	25	6,44	5,35	4,69	± 0,388

Larve I: Über die Untersuchungsergebnisse zur Mortalität von Larve I bei Aufzucht unter verschiedenen Temperatur-Feuchtigkeitskombinationen gibt das Diagramm Abb. 3 Aufschluß.[1]) Die Resultate basieren auf 103 Einzelversuchen mit insgesamt 5426 Versuchstieren. 26 dieser Versuche wurden in doppelter Wiederholung ausgeführt. Die Abweichung vom Mittel lag bei den Doppelversuchen im Extrem bei ± 0,3 und ± 22,3. In den meisten Fällen lag sie bei ± 2,0 bezw. + 6,0.

[1]) Zwecks Raumersparnis wurde auf tabellarische Wiedergabe der einzelnen Zuchtdaten verzichtet.

Der Bereich der 5% Mortalitätslinie liegt zwischen 18—26,5° C und 55—100% relativer Luftfeuchtigkeit. Er ist damit erheblich kleiner als jener der entsprechenden Sterblichkeitsgrenze des Eies. Die Optimal-Temperatur (bei der der zugehörige Feuchtigkeitsbereich am größten ist, liegt bei 23,5° C, was annähernd mit der Optimaltemperatur des Eies übereinstimmt.

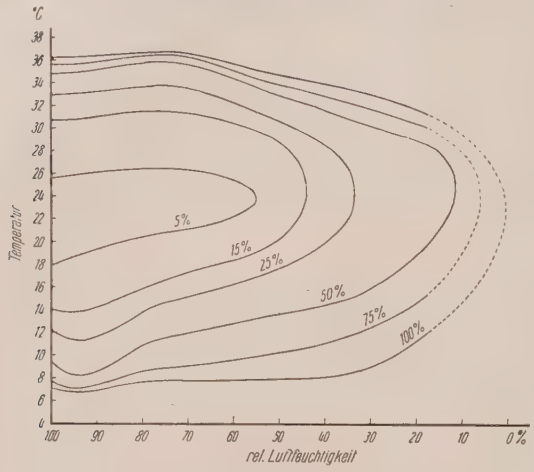


Abb. 3. Thermohygrogramm der Mortalität von Larve I.

Absolut tödlich sind bei Daueraufenthalt Temperaturen oberhalb 36—37° C. Diese Grenze liegt demnach bei der Eiraupe um 3° C höher als beim Ei. Die untere tödliche Temperaturgrenze (bei Daueraufenhalt) liegt bei 7° C und ist damit um ca. 1,5° C niederer als beim Ei.

Über die Lebensdauer der Larven unter diesen fatalen Bedingungen gibt die nachstehende Zusammenstellung Aufschluß:

Rel. Luftfeuchtigkeit	100%				73—78%				55—60%				28—35%				17%			
Temperatur °C	n	Max.	Mittel	Min.	n	Max.	Mittel	Min.	n	Max.	Mittel	Min.	n	Max.	Mittel	Min.	n	Max.	Mittel	Min.
38,0	25	2	1,9	1	48	3	1,5	1	42	2	1,2	1								
37,0	68	5	3,7	1	45	6	4,0	1												
36,0									64	10	5,3	2					52	7	2,4	1
34,5													55	10	2,4	1	43	2	1,5	1
8,2																	43	29	9,8	4

Als niederste Luftfeuchtigkeitsstufe standen bei diesen Versuchen nur 17% zur Verfügung. Unter dieser relativen Luftfeuchtigkeit entwickeln sich bei entsprechenden Temperaturen bis zu 50% der Larven. Der Verlauf der 100% Sterblichkeitsgrenze ist demnach im Hinblick auf die geringen Luftfeuchtigkeitswerte nicht einwandfrei feststellbar. Im Diagramm, das auf Interpolationswerten fußt, ist dieser unsichere Teil gestrichelt dargestellt.

Bemerkenswert ist, daß Larve I gegenüber feuchtigkeitsgesättigter Atmosphäre wesentlich größere Widerstandsfähigkeit zeigt als das Ei des Kiefernspinners. Nur bei höheren Temperaturen (von 33° C ab aufwärts) in Verbindung mit 100% relativer Luftfeuchtigkeit wurde Verpilzung der Larve festgestellt. Unentschieden mußte auch hier die Frage bleiben, ob das Auftreten der Mykose primärer oder sekundärer Natur ist.

Larve II: Die Versuche über die Mortalität von Larve II unter verschiedenen Temperatur-Feuchtigkeitskombinationen mußten sich aus Materialmangel auf eine erheblich geringe Anzahl von Versuchstieren — es fanden insgesamt 1759 Stück in 47 Kombinationen Verwendung[1]) — als bei Larve I beschränken.

Immerhin waren die erzielten Zahlenwerte derartig, daß sie zwanglos die Verwertung zu dem in Abb. 4 dargestellten Mortalitätsdiagramm zuließen.

Der optimale Temperatur-Feuchtigkeitsbereich (5 % Mortalitätsgrenze) liegt zwischen Temperaturen von 19,5—32° C und Luftfeuchtigkeitswerten von 58—100 %. Bezüglich der Temperatur ist demnach der günstigste Bereich erheblich breiter als bei Larve I, was aus dem Vergleich der beiden Abbildungen 3 und 4 deutlich hervorgeht. Das Zentrum der ellipsenförmig verlaufenden 5 % Sterblichkeitsgrenze mit einer Temperatur von 27° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 75—90 % wäre als optimale Temperatur-Feuchtigkeits-Kombination für die Entwicklung der Larve II anzusehen. Diese Temperatur liegt um annähernd 3,5° C höher als die Optimal-Temperatur für Larve I.

Die absolut tödliche obere Temperaturgrenze (bei Daueraufenthalt) stimmt ungefähr mit jener von Larve I überein und liegt zwischen 36 bis 37° C. Dasselbe gilt für die untere fatale Zone, die ähnlich wie bei Larve I zwischen 6 – 7° C gelegen ist.

Alles in allem geht aus dem Vergleich der beiden Diagramme (Abb. 3 u. 4) hervor, daß Larve II gegen Temperatur-Feuchtigkeitseinflüsse der Umgebung bedeutend widerstandsfähiger ist als Larve I. —

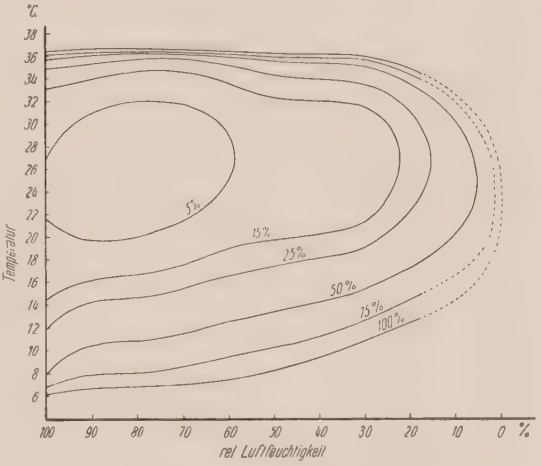


Abb. 4. Thermohygrogramm der Mortalität von Larve II.

Über die Lebensdauer der Versuchstiere unter fatalen Bedingungen gibt die folgende Zusammenstellung Aufschluß. Sie umfaßt maximale, mittlere und minimale Lebenszeit in Tagen:

[1]) 5 dieser Versuche wurden in doppelter Wiederholung ausgeführt. Die Abweichung vom Mittel betrug in den einzelnen Fällen: ± 2,5; ± 4,5; ± 4,2; ± 2,4 und ± 37,1. Abgesehen vom letztgenannten Versuch (17 % relative Luftfeuchtigkeit und 22,5° C), wo offenbar ein Versuchsfehler mitwirkte, sind demnach die Einzelresultate recht zuverlässig.

Relative Luftfeuchtigkeit	79 %				0—5 %			
Temperatur ° C	n	Max.	Mittel	Min.	n	Max.	Mittel	Min.
34,0	—	—	—	—	50	8	3,8	2
30,5	—	—	—	—	50	7	4,7	2
7,0	—	—	—	—	38	23	9,3	3
3,5	20	19	14,6	10	—	—	—	—

Auch hierin kommt die große Widerstandsfähigkeit von Larve II im Vergleich zu Larve I zum Ausdruck; Die mittlere Sterbezeit unter fatalen Bedingungen ist bei ihr wesentlich größer als bei Larve I.

Verpilzungen von Larve II unter feuchtigkeitsgesättigter Atmosphäre wurden ähnlich wie bei Larve I nur unter höheren Temperaturen (von 25,5 ° C aufwärts) festgestellt.

Die Beobachtung der Einzelversuche ergab, daß sowohl bei Larve I wie bei Larve II das Absterben hauptsächlich kurz vor oder während der Häutung stattfindet. Während der Häutungsperiode scheinen demnach die Raupen, entsprechend wie schon der Embryo beim Schlüpfen des Eies gegen schädliche Temperatur- und Feuchtigkeitseinflüsse der Umgebung besonders empfindlich zu sein.

Larve III. Da von Larve III nur eine vergleichsweise geringe Anzahl von Versuchstieren zur Verfügung stand, benutzte ich diese, um ihr Verhalten unter extremen Bedingungen zu studieren. Das Ergebnis der Zucht bei 38° und 36° C, verbunden mit verschiedenen Feuchtigkeitsabstufungen, welches die folgende Zusammenstellung enthält, läßt erkennen, daß die obere fatale Temperaturgrenze für L III wenig über 36° C liegen muß. Sie befindet sich demnach annähernd in demselben Bereich, wie für die voraufgehenden Larvenstadien.

Rel. Luftfeuchtigkeit	100 %		89—95 %		70—73 %		48—50 %		28—29 %	
Temperatur ° C	n	Mort. %	n	Mort. %	n	Mort. %	n	Mort. %	n	Mort. %
38,0	21	100	—	—	26	100	26	100	—	—
36,0	29	100	26	73,1	—	—	30	100	17	100

Die Sterbezeit, die bei diesen Versuchen festgestellt wurde, ist in folgendem mitgeteilt: Temperaturen von 38° C, die im natürlichen Lebensraum der Kiefernspinnerraupe vorübergehend auftreten können, werden demnach durchschnittlich 1—2 Tage lang von Larve III ertragen.

Rel. Luftfeuchtigkeit	100 %			70—73 %			48—50 %			28—29 %		
Temperatur ° C	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel	Min.
38,0	13	1,9	1	4	2	1	4	2,1	1	—	—	—
36,0	12	5,2	1	—	—	—	14	7,4	1	17	5,9	2

Puppe: Nachdem das letzte Larvenstadium seinen Kokon fertiggesponnen hat und die Umwandlung zur Puppe vollzogen ist, erscheint die frische Puppe zunächst von einer sehr zarten grünen Chitinhaut bedeckt. In diesem Zustand ist die Puppe gegen mechanische Einflüsse außerordentlich empfindlich, und schon ein leichtes Berühren genügt, um ein Zerreißen der Haut zu bewirken. Die Hülle wird allmählich derber und die Puppe ist schließlich von einem starken braunen Chitinpanzer geschützt. Bei der Weichhäutigkeit der Puppe unmittelbar nach dem Abstreifen der letzten Larvenhaut war zu vermuten, daß sie in diesem Zustand gegen extreme Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen besonders empfindlich sei. Es lag daher nahe, diese Verhältnisse experimentell nachzuprüfen. Da das zur Verfügung stehende Material spärlich war, mußte ich mich leider auf eine geringe Zahl von Temperatur-Feuchtigkeitskombinationen für diese Zwecke beschränken.

Angesetzt wurden die Versuche unmittelbar nachdem sich die Raupen eingesponnen hatten und noch ehe sie ihre letzte Haut abwarfen. Die Zahl der in den Einzelversuchen geschlüpften Falter gibt die nachstehende Tabelle wieder. Da es sich hier um Freiland-Raupenmaterial handelt, ließ es sich nicht vermeiden, daß einzelne parasitierte Puppen mit in die Versuchsreihe gelangten. Sie sind in der Tabelle vermerkt.

Rel. Luftfeuchtigkeit	100 %		73—78 %		50—60 %		28—35 %		17 %		Bemerkungen
Temperatur ° C	Pp. n	geschl.	Pp. n	geschl.	Pp. n	geschl.	Pp. n	geschl.	Pp. n	geschl.	
36,0	—	—	5	0	—	—	—	—	—	—	
29,5	—	—	5 [1])	3	—	—	—	—	—	—	[1]) 1 Puppe parasitiert.
25,5	5	3	5	4	5	3	5	4	5 [2])	3	[2]) 2 Puppen parasitiert von Anomalon circumflexum.
17,0	—	—	2	2	—	—	—	—	—	—	
13,0	—	—	3 [3])	2	—	—	—	—	—	—	[3]) 1 Puppe parasitiert von Anomalon circumflexum.
7,0	—	—	5	0	—	—	—	—	—	—	

Obwohl die parasitierten Puppen die Übersichtlichkeit der Ergebnisse etwas beeinträchtigen, so ist doch im großen und ganzen zu erkennen daß dies Stadium des Kiefernspinners gegen klimatische Einflüsse, und zwar speziell gegen solche der Temperatur und Luftfeuchtigkeit recht widerstandsfähig ist.

Da die Versuchsobjekte mitsamt der Kokonhülle den verschiedenen Bedingungen ausgesetzt wurden, ist anzunehmen, daß die Puppe in ihrem anfänglich weichhäutigen Stadium durch das Gespinst gegen Einflüsse geschützt ist, die übermäßige Verdunstung und damit ein Absterben bewirken können. Zur Bekräftigung dieser Vermutung wäre eine Gegenprobe unter Verwendung von frischgehäuteten Puppen ohne Gespinst erforderlich gewesen, leider war mir deren Durchführung wegen Materialmangel vorerst nicht möglich.

Im einzelnen geht aus der Tabelle hervor, daß die Falter bei Temperaturen zwischen 13,0—29,5° C und relativen Luftfeuchtigkeitswerten

zwischen 17—100% sich entwickeln und schlüpfen. Die Temperatur von 36° C liegt bereits über der für die Puppe fatalen oberen Temperaturgrenze. Letztere ist demnach bei der Puppe etwas niederer als bei Larve I—III.

Bei 7° C erfolgte noch normale Verpuppung. Die 5 Versuchstiere dieser Reihe starben auch weiterhin nicht ab, ohne allerdings bis zum Abschluß der vorliegenden Arbeit, d. h. innerhalb eines Zeitraumes von 185 Tagen zum Schlüpfen zu gelangen.

Entwicklungsdauer und Entwicklungsgeschwindigkeit der präimaginalen Stadien.

Die Versuche über die Mortalität von Ei, Larve und Puppe des Spinners unter verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsgraden lieferten zugleich exakte Unterlagen zur Frage der Temperaturabhängigkeit der Entwicklungsdauer dieser Stadien. Die folgenden Abschnitte behandeln meine diesbezüglichen Ergebnisse.

Ei: Die Ermittlungen über die Entwicklungsdauer des Eies unter verschiedenen Temperaturen und die dabei festgestellte Variationsbreite sind in Abb. 5 zusammengestellt. Da sich bei der Untersuchung der

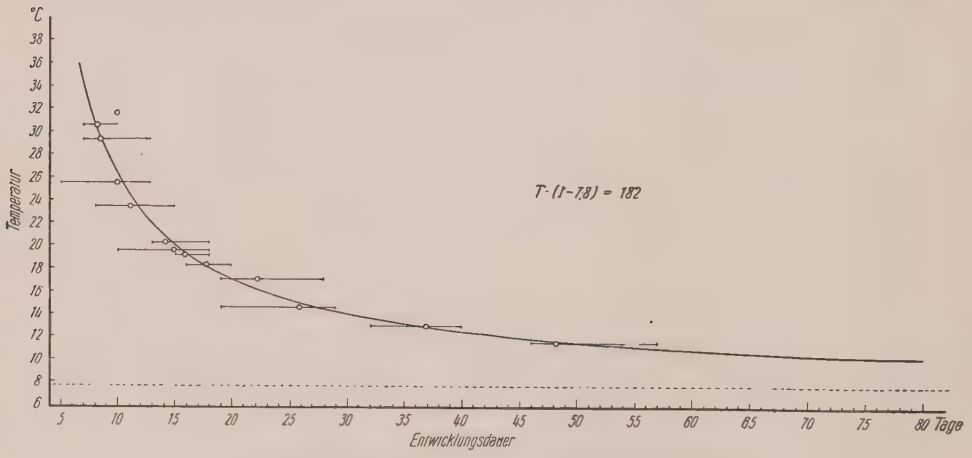


Abb. 5. Entwicklungsdauer des Eies bei verschiedenen Temperaturen.

Entwicklungsgeschwindigkeit an Hand dieser Unterlagen neuartige Beziehungen zwischen Entwicklungsgeschwindigkeit und vitalem Optimum ergeben haben — letzteres im Bodenheimerschen Sinn genommen —, sei im folgenden auch die zugehörige Zahlentabelle dieser Beobachtungen mitgeteilt.

Temperatur ° C	Zahl der beobachteten Eier (n)	Entwicklungsdauer in Tagen (T)			Durchschnittliche Abweichung v in Tagen	Entwicklungsindex $\left(\frac{1}{T}\right)$
		Maximum	Mittel	Minimum		
31,5 . . .	6		10,0			0,1000
30,5 . . .	318	10	8,2	7	± 0,1	0,1220
29,0—29,5 .	1257	13	8,5	7	± 0,1	0,1177
25,3—25,8 .	1231	13	9,9	5	± 0,4	0,1010
23,2—23,6 .	732	15	11,1	8	± 0,3	0,0901
20,2 . . .	542	18	14,2	13	± 0,5	0,0704
19,3—19,6 .	302	18	14,9	10	± 0,4	0,0671
18,9—19,2 .	507	18	15,9	15	± 0,3	0,0629
18,1—18,4 .	507	20	17,8	16	± 0,5	0,0561
17,0 . . .	303	28	22,2	19	± 0,5	0,0451
14,5 . . .	170	29	25,9	19	± 0,4	0,0386
12,8—13,0 .	260	44	36,9	32	± 0,5	0,0271
11,5 . . .	59	57	48,3	46	± 2,3	0,0207

Bei verschiedenen Luftfeuchtigkeitsgraden zeigte die Entwicklungsdauer des Kiefernspinnereies keine nennenswerten Unterschiede. Ein gesetzmäßiger Zusammenhang ließ sich jedenfalls aus ihnen nicht herauslesen. So sind in vorstehender Tabelle die Versuchsergebnisse bei sämtlichen Feuchtigkeitsstufen, die unter ein und derselben Temperatur liegen zusammengefaßt worden.

Anhaltspunkte über die Genauigkeit gibt die Kolonne „durchschnittliche Abweichung vom Mittel (v)". Sie enthält den Durchschnittswert der Differenzen zwischen der „mittleren Entwicklungsdauer" und den Variationsbreiten der Einzelversuche. Aus der Tatsache, daß diese durchschnittliche Abweichung, von einer einzigen Ausnahme abgesehen, kleiner als 0,5 Tage ist, und dem Umstand, daß die Beobachtungen einmal täglich erfolgten, geht die Zuverlässigkeit der mitgeteilten Zahlenwerte zur Genüge hervor. Sie zeigt gleichzeitig, daß die Entwicklungsdauer des Kiefernspinnereies im wesentlichen von der Temperatur und nicht von der herrschenden Luftfeuchtigkeit abhängt. Zum mindesten sind die durch die letzteren bedingten Unterschiede kleiner als ein halber Tag. Bei Beobachtungen in eintägigem Abstand können sie somit nicht mehr erfaßt werden.

Im Hinblick auf die Temperaturen sind die Variationsbreiten der Entwicklungsdauer innerhalb ein und derselben Temperaturstufe auffallend groß. Vermutlich hängt dies mit der unterschiedlichen Größe der Eier von *D. pini* zusammen. So berichten bereits Lebedev und Savenkov (17), daß die kleineren Eier dieser Art sich vergleichsweise schneller entwickeln als die größeren. Ähnliches teilt auch Eckstein (6) mit. Die beiden russischen Autoren nehmen an, daß die raschere Entwicklung kleiner Eier mit deren geringerem Nährstoffgehalt zusammenhängt.

Zwecks Feststellung des sogenannten „Entwicklungsnullpunktes", richtiger gesagt des „unteren Temperaturschwellenwertes der Entwicklung"

des Spinnereies wurde, auf Grund der „mittleren Entwicklungsdauer“ der Entwicklungsindex $\left(\frac{1}{T}\right)$ berechnet.[1]) Die graphische Auswertung dieser Indices führte zu der in Abb. 6 dargestellten Kurve. Sie stimmt mit der Entwicklungsgeschwindigkeitskurve Prochnows (20) der Form nach überein und erinnert an die Kettenlinienreziproke von Janisch (10, 12). Auf die mathematische Formulierung der Indexkurve soll in diesem Zusammenhang nicht eingegangen werden. Der „untere Temperaturschwellenwert der Entwicklung“ liegt zufolge des Kurvenverlaufes bei 7° C — dem Schnittpunkt der Geschwindigkeitskurve mit der Temperaturachse in Abb. 6.

Faßt man für rein praktische Zwecke die Abhängigkeit der Entwicklungsdauer von der Temperatur im Sinne von Bluncks Temperatursummenregel als Hyperbelfunktion auf, so ist die zugehörige Reziproke bezw. Entwicklungsgeschwindigkeitskurve bekanntlich eine Gerade. Diese theoretische Gerade[2]) läßt sich zwanglos durch den Wendepunkt der flach S-förmip verlaufenden Indexkurve in Abb. 5 legen. Sie schneidet die Temperaturachse bei ca. 7,8° C. Dieser Wärmegrad ist der auf graphischem Wege ermittelte Entwicklungsnullpunkt im Sinne von Bluncks Temperatursummenregel. Shelford bezeichnet ihn bekanntlich als „a-Wert“ der Entwicklung. Mit seiner Hilfe berechnet sich die Hyperbelfunktion für die Enwicklungsdauer des Eies von *D. pini* auf

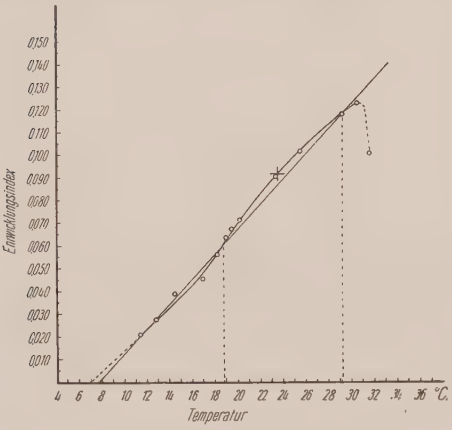


Abb. 6. Entwicklungsdauer-Indexkurve des Eies.

$$T\,(t - 7{,}8) = 182,$$

wo T die Entwicklungsdauer, t die herrschende Temperatur, 7,8 den „a-Wert“, und die Zahl 182 die sogenannte Thermalkonstante darstellt. Diese Hyperbel ist in Abb. 6 eingezeichnet. Ihr Verlauf schmiegt sich innerhalb eines Temperaturbereiches von ca. 12—30° C den experimentellen Befunden recht gut an. Für höhere Temperaturen (32° C) ist die beobachtete Entwicklungsdauer länger als die durch die Hyperbel angezeigte, was mit den Befunden Janischs an anderen Objekten übereinstimmt. Die Temperatur, unter welcher die Entwicklung am raschesten verläuft, liegt bei 30,5° C. Sie weicht vom vitalen Optimum des Eies, das zwischen 23—24° C liegt, ganz erheblich ab. Hingegen deckt sich diese Temperatur des vitalen Optimums mit jener, die dem Höhepunkt des konvexen Teiles der S-förmigen Geschwindigkeitskurve in Abb. 6 zugeordnet ist. (In Abb. 6

[1]) Vgl. die letzte Kolonne der Tabelle.
[2]) Vgl. Blunck (2), Bodenheimer (3, 4, 5), Shelford (24), Uvarov (26).

durch $\times$ hervorgehoben.) Er liegt ebenfalls bei dieser Temperatur zwischen 23 und 24° C. Da ich diese Übereinstimmung auch späterhin wieder beim Studium der larvalen Entwicklungsdauer auffand, glaube ich, daß hier kein Zufall, sondern eine Gesetzmäßigkeit vorliegt. Wenn sich dies durch Untersuchung an anderen Objekten bestätigen sollte, so wäre damit eine neue Möglichkeit gewonnen, Bodenheimers vitales Optimum zu ermitteln, und zwar mit Hilfe der Geschwindigkeitskurve. Es wäre dann mit jener Temperatur zu identifizieren, bei welcher die Kurve der Entwicklungsgeschwindigkeit in ihrem konvexen Teil am stärksten von den theoretischen Indexgraden abweicht. —

Prochnows Befunde (20) über die Entwicklungsgeschwindigkeit der Eier von *D. pini* in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur weichen im einzelnen von meinen Befunden etwas ab. Berechnet man nach seinen Geschwindigkeitszahlen die Entwicklungsdauer für die zugehörigen Temperaturen, so würde sich der Verlauf folgendermaßen darstellen:

Temperatur ° C	11,5	16,5	21,5	25,2	29,7	32,3	35,9
Entwicklungsdauer (Tage) . .	104	21,8	11,5	9,1	7,8	9,1	13

Bei 16,5° C stimmt demnach die an Hand der Prochnowschen Ergebnisse festgestellte Entwicklungsdauer mit der von mir für diese Temperatur ermittelte annähernd überein. Bei den höheren Temperaturen hingegen ist sie bei Prochnow kürzer als in meinen Befunden, bei den niederen Temperaturen andererseits länger als bei meinen Resultaten. Wahrscheinlich hängt diese Verschiedenartigkeit unserer Resultate mit dem Umstand zusammen, daß Prochnow seine Versuchsobjekte nicht konstant bei einer Temperatur hielt, wie ich die meinen, sondern die Temperaturen im Abstand von mehreren Tagen wechselte.

Larve I: Die Daten über die Entwicklungsdauer von Larve I unter verschiedenen Temperaturen und relativen Feuchtsgkeitsgraden sind im folgenden zusammengestellt:

Rel. Luftfeuchtigkeit	100%					89 bis 95%		71 bis 79%		49 bis 61%		28 bis 35%		17%		Bemerkungen
Temperatur ° C	n	Entwicklungsdauer (Tage) Max.	Mittel T	Min	Entwicklungsindex $\frac{1}{T}$	n	T	n	T	n	T	n	T	n	T	
36,0 . .	4[1]	5	4,5	4	0,222	9	5,6	52	5,9	—	—	—	—	—	—	[1] 36,0—36,2° C
34,5 . .	—	—	—	—	—	21	5,4	25	5,6	—	—	—	—	—	—	
33,0 . .	46	7	4,7	4	0,213	41	4,6	27	4,9	26	6,7	—	—	—	—	
29,3—30,0	89	7	4,8	4	0,208	88	5,2	101	5,2	89	5,8	64	6,9	21	7,5	
26,5 . .	69	6	4,6	4	0,217	65	5,0	52	5,2	48	7,0	9	7,2	25	6,8	
24,9—25,0	102	8	5,3	4	0,189	106	5,4	67	5,6	92	6,4	90	6,8	54	7,8	
22,0—22,5	87	15	6,8	6	0,1471	80	7,1	102	7,0	95	7,3	63	8,1	68	8,7	
19,5—20,0	150[2]	12	8,0	6	0,125	25	8,8	131[2]	9,7	16	12,6	6	12,0	—	—	[2] 19,1—20,0° C
18,5 . .	47	13	10,0	9	0,100	42	10,3	44	10,7	38	11,2	4	12,3	88	12,0	
17,2—17,5	31	12	10,5	9	0,0952	—	—	26	11,9	—	—	—	—	—	—	
16,5 . .	38	15	10,5	9	0,0952	33	10,8	29	12,3	21	14,7	10	16,1	5	17,6	
14,5 . .	27	22	18,9	17	0,0529	30	26,6	47[3]	17,4	16	18,6	2	19,1	8	19,1	[3] 13,5—14,5° C
8,0—8,2 .	14	56	39,2	32	0,0256	28	37,9	8	37,2	4	39,8	1	46,0	—	—	
7,2—7,5 .	7	67	55,3	38	0,0181	2	60,0	—	—	—	—	—	—	—	—	

Hiernach ist eine merkliche Verlängerung der Entwicklungsdauer mit abnehmender relativer Luftfeuchtigkeit festzustellen. Sie kommt besonders deutlich bei Feuchtigkeitsgraden von 50% abwärts zum Ausdruck. Ob ein unmittelbarer oder nur mittelbarer Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklungsdauer vorliegt, muß vorläufig unentschieden bleiben. Bei der von mir benutzten Versuchstechnik ist letzteres zu vermuten: Das Futter, das in Form von abgezupften Nadeln gereicht wurde, trocknet trotz täglich einmaligen Wechsels in den niedrigen Luftfeuchtigkeitsgraden immer etwas stärker ab als bei höherer Luftfeuchtigkeit. So ist es möglich, daß hier die Ernährungsverhältnisse etwas ungünstiger als bei höheren Luftfeuchtigkeitsgraden lagen, was vielleicht die Verzögerung der Entwicklungsdauer mit veranlaßt hat. Zur Klärung der Frage ob die Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklungsdauer der Spinnerlarve einen direkten Einfluß ausübt, ist eine Nachprüfung der Befunde mit zweckentsprechend abgeänderter Methode erforderlich.

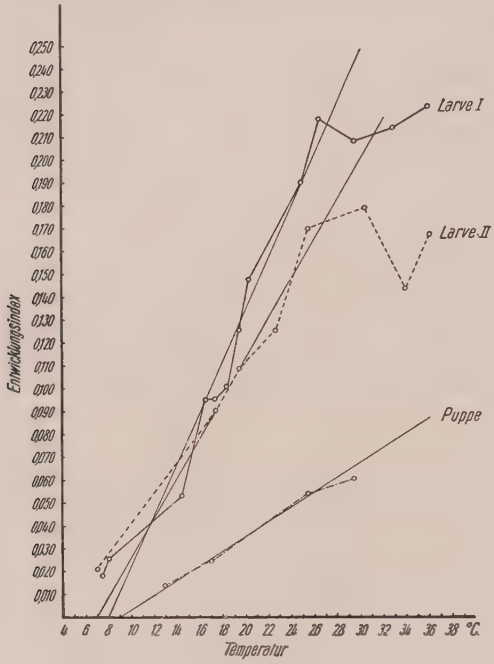


Abb. 7. Entwicklungsdauer-Indizes für Larve I (————), Larve II (— — —) und Puppe (— • — • —).

Im Hinblick auf diesen Umstand habe ich der Bestimmung des α-Wertes (Entwicklungsnullpunkt) für Larve I mit Hilfe der Indexmethode, sowie der Berechnung der Hyperbelfunktion nur jene Entwicklungsdauerdaten zugrunde gelegt, wie sie bei 100% relativer Luftfeuchtigkeit festgestellt worden sind. Die Indexkurve verläuft ähnlich wie bei der Eientwicklungskurve flach S-förmig (Abb. 7). Ihr Wendepunkt liegt bei annähernd 20° C. Die größte Abweichung im konvexen Teil dieser Kurve von der theoretischen Indexgeraden fällt mit einer Temperatur von 23—25° C zusammen, bei welcher auch das vitale Optimum für Larve I liegt. Die Verhältnisse erinnern an jene, wie sie bei der Eientwicklung näher besprochen wurden, wenn sie auch nicht ganz so klar in Erscheinung treten wie dort.

Die theoretische Indexgerade führt auf einen α-Wert von 8° C. In Verbindung mit den Mittelwerten für die Entwicklungsdauer bei verschiedenen Temperaturen (vgl. obige Tabelle) ergibt dieser α-Wert folgenden Ausdruck für die Hyperbelfunktion der Entwicklungsdauer von Larve I:

$$T(t - 8{,}0) = 90.$$

In Abb. 8, die auch die beobachteten Mittelwerte und Variationsbreiten enthält, ist diese Hyperbel eingezeichnet. Sie schmiegt sich den empirischen Daten innerhalb des vitalen Temperaturbereiches gut an. Für niedere

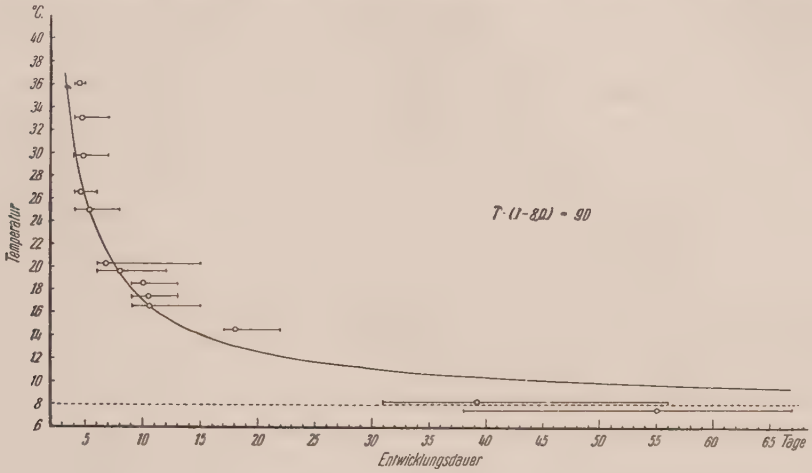


Abb. 8. Entwicklungsdauer der Larve I bei verschiedenen Temperaturen und 100% rel. Luftfeuchtigkeit.

Temperaturen (8—10° C) ist die beobachtete Entwicklungsdauer kürzer als die theoretische, für höhere hingegen länger. Auf diese Erscheinung ist bei anderen Objekten in der Literatur schon mehrfach verwiesen worden, so daß sich ihre Diskussion hier erübrigt.

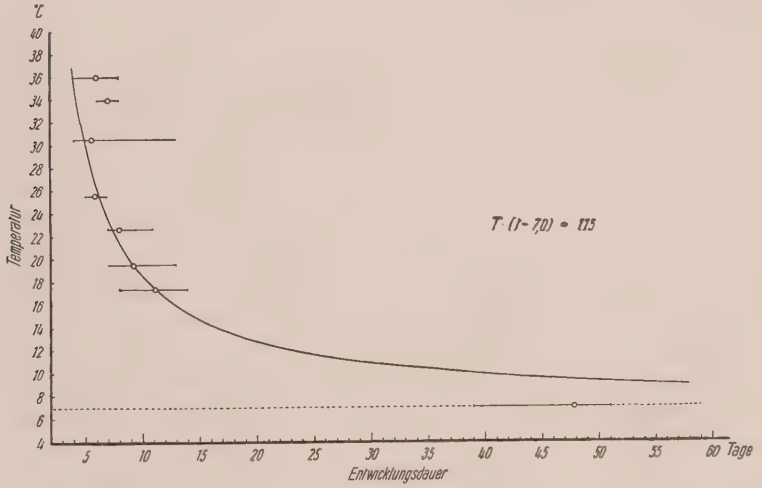


Abb. 9. Entwicklungsdauer von Larve II bei verschiedenen Temperaturen und 100% rel. Luftfeuchtigkeit.

Die Temperatur der kürzesten Entwicklungsdauer liegt für Larve I bei 36° C und damit in nächster Nähe der fatalen Temperaturgrenze. Im übrigen weicht sie vom vitalen Optimum dieses Stadiums erheblich ab. —

Larve II: Auch für Larve II ergab sich eine Verlängerung der Entwicklungsdauer mit sinkender relativer Luftfeuchtigkeit. Da hier nach meiner Ansicht ein indirekter Einfluß vorliegt, (vgl. oben) verzichte ich auf die Wiedergabe der einzelnen Daten. Soweit diese zur Bestimmung des α-Wertes und der Entwicklungsdauer-Hyperbel für Larve II Verwendung fanden, wie sie in Abb. 7 und Abb. 9 dargestellt sind, beruhen sie auf den Ergebnissen der Aufzucht unter 100% relativer Luftfeuchtigkeit.

Der mit Hilfe der theoretischen Indexgeraden festgestellte α-Wert führt auf 7° C. Der „untere Temperaturschwellenwert" scheint noch etwas tiefer zu liegen. Die Hyperbelfunktion der Entwicklungsdauer von Larve II in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur lautet hiernach:

$$T(t - 7{,}0) = 115$$

Vergleicht man die beiden Hyperbeln (Abb. 8 und Abb. 9) so zeigt sich, daß die Entwicklungsdauer für Larve II bei entsprechenden Temperaturen

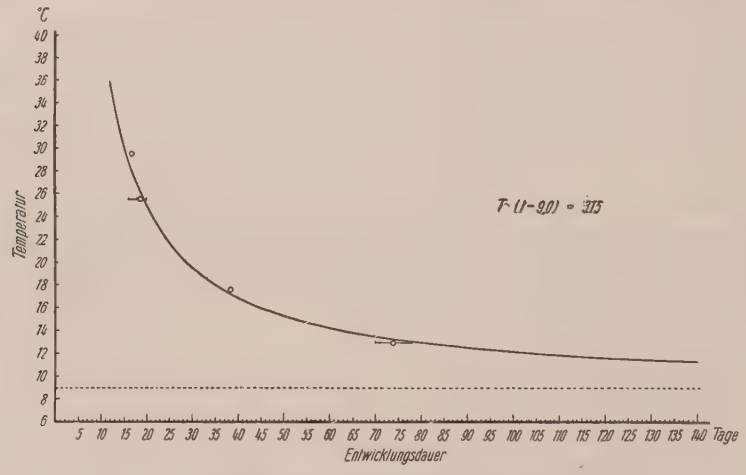


Abb. 10. Entwicklungsdauer der Puppe bei verschiedenen Temperaturen.

durchweg länger währt als jene für Larve I. So beträgt beispielsweise die Differenz bei einer Temperatur von 22° C ca. 2 Tage.

Die Temperatur der kürzesten Entwicklungsdauer von Larve II lag in meinen Versuchen bei 30,6° C — einer Temperatur, die um rund 5° höher liegt als jene des vitalen Optimums dieses Larvenstadiums. Mit dieser letzteren Temperatur von 25—26° C hingegen fällt jener Punkt zusammen, bei welchem der konvexe Teil der empirischen Indexkurve am stärksten von der theoretischen Index-Geraden abweicht. Die Verhältnisse liegen somit ähnlich, wie sie oben für Ei und Larve I geschildert wurden. —

Puppe: Das Ergebnis über die Entwicklungsdauer der Puppe, worunter im vorliegenden Fall der Zeitpunkt vom Einspinnen des letzten Larvenstadiums bis zum Schlüpfen der Falter zu verstehen ist, wurde als Mittelwert und Variationsbreite in Abb. 10 dargestellt. Für diese Unter-

suchung stand verhältnismäßig wenig Material zur Verfügung — insgesamt 34 Puppen. Dieses Umstands wegen konnte auch nur bei einer Temperatur, nämlich bei 25,5° C eine Kombination mit 5 verschiedenen relativen Luftfeuchtigkeitsgraden stattfinden. Es zeigte sich hierbei, daß durch Änderung der Luftfeuchtigkeit bei ein und derselben Temperatur kein nennenswerter Unterschied in der Entwicklungsdauer der Puppe eintritt, ähnlich wie das auch für das Ei des Kiefernspinners gilt.

Dieses Resultat, das gerade die nichtfressenden Stadien, nämlich Ei und Puppe, in ihrer Entwicklung von der relativen Luftfeuchtigkeit unbeeinflußt bleiben, liegt ebenfalls im Sinne meiner oben geäußerten Vermutung, daß die gegenteiligen Befunde bei den fressenden Larvenstadien auf mittelbaren Einflüssen durch Beeinträchtigung der Futterqualität beruhen.

Was die Entwicklungs-Indexkurve anbetrifft, wie sie sich bei strenger Anlehnung an die Beobachtungswerte ergibt, so zeigt sie S-förmigen Verlauf wie für Ei und Larven. Die theoretische Index-Gerade führt auf einen α-Wert von 9° C. Die Beziehungen zwischen der Entwicklungsdauer der Puppe und der Temperatur würde sich danach durch folgende Hyperbelformel wiedergeben lassen:

$$T(t - 9{,}0) = 315$$

Die entsprechende Hyperbel, die sich den Beobachtungsdaten gut anpaßt, ist in Abb. 10 dargestellt.

Die Hungerfähigkeit der Larven.

Die Frage nach der Hungerfähigkeit der Larven besitzt nicht nur physiologisches, sondern auch bevölkerungswissenschaftliches Interesse: Wenn beim Ausbruch von Kalamitäten partieller Kahlfraß eintritt, so sind damit Verhältnisse geschaffen, unter denen die Fähigkeit der Larve, Hunger zu ertragen, für ihre Existenz bedeutungsvoll werden kann. Durch Untersuchungen von Bodenheimer an *Schistocerca gregaria* und solchen von Zwölfer an *Panolis flammea,* ist bereits bekannt, daß sowohl Temperatur wie auch Luftfeuchtigkeit auf die Lebensdauer hungernder Insekten erheblichen Einfluß ausüben. Um diese Dinge nachzuprüfen, führte ich entsprechende Untersuchungen mit frischgeschlüpften Eiraupen (Larve I) und mit frischgehäutetem Material von Larve II durch. Als Maßstab für die Beurteilung der Hungerfähigkeit diente dabei die Lebensdauer hungernder Tiere in Tagen.

Larve I: Die folgenden Daten enthalten die Ergebnisse über die Hungerfähigkeit von Larve I. Sowohl Mittelwerte wie auch Variationsbreiten lassen erkennen, daß die Hungerfähigkeit der Eiraupe des Kiefernspinners weitgehend von Temperatur und Luftfeuchtigkeit abhängt, wie das auch schon von den beiden oben genannten Autoren für ihre Objekte festgestellt wurde.

Rel. Luftfeuchtigkeit	100 %				71—79 %				49—60 %				17 %			
Temperatur ° C	n	Lebensdauer (Tage)			n	Lebensdauer (Tage)			n	Lebensdauer (Tage)			n	Lebensdauer (Tage)		
		Max.	Mittel	Min.		Max.	Mittel	Min.		Max.	Mittel	Min.		Max.	Mittel	Min.
5,0	52	25	13,5	3	43	16	8,8	4	39	20	9,5	2	—	—	—	—
14,7	74	13	8,6	3	62	13	8,8	6	68	12	7,5	3	—	—	—	—
19,5	65	11	7,7	4	57	8	5,8	3	43	6	4,0	1	—	—	—	—
26,5	50	6	4,5	2	50	6	4,7	2	52	5	4,0	3	46	3	2,8	1
30,0	60	5	3,9	2	62	4	3,2	1	75	4	3,1	2	—	—	—	—
33,5	66	4	2,7	1	61	4	2,6	1	69	3	2,6	1	—	—	—	—

Innerhalb einer Temperatur von 5—33,5 ° C verkürzt sich die Lebensdauer der Hungertiere mit steigender Temperatur. Ebenso tritt Verkürzung mit fallender relativer Luftfeuchtigkeit ein. Anschaulich kommt dies in Abb. 11 zum Ausdruck, welche auf den Mittelwerten der Tabelle fußt.

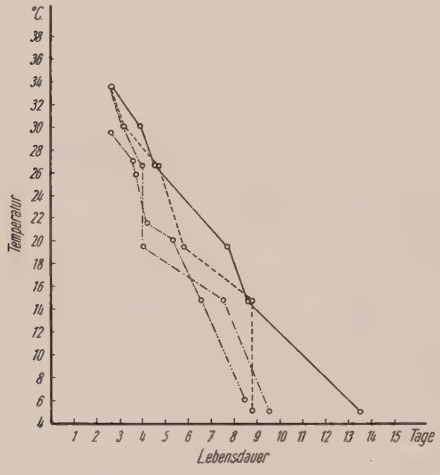


Abb. 11.
Hungerfähigkeit von Larve I und Larve II in Tagen.
——— Larve I bei 100 % rel. Luftfeuchtigkeit;
— — — bei 72—79 % rel. Luftfeuchtigkeit;
—·—·— bei 50—60 % rel. Luftfeuchtigkeit;
—··—··— Larve II bei 72—78 % rel. Luftfeuchtigkeit.)

Der Umstand, daß bei höheren Temperaturen (um 34 ° C) die Verbindungslinien der Mittelwerte der Hungerfähigkeit strahlenförmig zusammenlaufen, läßt darauf schließen, daß unter diesen Bedingungen die Hungerfähigkeit gegenüber dem verhängnisvollen Einfluß hoher Temperaturen von untergeordneter Bedeutung bleibt. Die Hungertiere zeigen hierbei unter den verschiedenen Luftfeuchtigkeitsgraden so ziemlich dasselbe Verhalten.

Bei 5 ° C verfallen die Hungertiere in einen Zustand der Kältestarre. Der Eintritt des Hungertodes wurde hier unter dem Binokular festgestellt. Maßgebend war, ob die Tiere bei leichter Erwärmung auf Berührungsreize noch reagierten.

Larve II: Die Hungerversuche mit frischgehäuteten Larve II wurden bei 7 verschiedenen Temperaturen und unter einer Luftfeuchtigkeit (73—78 %) vorgenommen. Insgesamt fanden 369 Versuchstiere Verwendung. Die Mittelwerte der Hungerfähigkeit sind im Diagramm Abb. 11

eingezeichnet.[1]) Die Variationsbreite nimmt ähnlich wie bei den Hungerversuchen mit Larve I von den niederen Temperaturen nach den höheren zu ständig ab. So beträgt bei 6,5° C die Lebensdauer von 49 Hungertieren im Min. 4 Tage, im Max. 15 Tage (Mittel 8,5 Tage), was einer Variationsbreite von 11 Tagen entspricht. Bei 29,5° C, der höchsten in diesem Versuch zur Anwendung gelangten Temperatur, war die kürzeste Lebensdauer 2 Tage, die längste 4 Tage (Mittel 2,8 Tage). Die Variationsbreite betrug hier somit 2 Tage. Die Zwischentemperaturen zeigten entsprechende Abstufung der Variationsbreite.

Im Vergleich mit Larve I ist die Hungerfähigkeit von Larve II erheblich geringer — eine Erscheinung, die noch ihrer ökologischen Deutung bedarf. —

Zusammenfassung.

1. Die Durchschnittszahl von einem Weibchen von *D. pini* abgelegter Eier wurde mit 230 ermittelt. Die Standardabweichung beträgt ± 70,5. Das Maximum lag bei 436 Eier. In der Regel wird von begatteten Weibchen über die Hälfte des Eivorrates in den ersten Tagen nach der Kopula abgelegt. Die unbegatteten Weibchen legen regellos täglich einen geringen Teil ihres Eivorrates ab, bis die Kopula eintritt.
2. Der Temperatur-Feuchtigkeitsbereich geringster Sterblichkeit (5% Mortalitätsgrenze) ist für das Ei von *D. pini* relativ groß. Er liegt zwischen 14—31° C und 40 bis 98% relativer Luftfeuchtigkeit. Das Optimum im Sinne Bodenheimers liegt bei ca. 23,5° C und 80—85% relativer Luftfeuchtigkeit. Der Moment des Schlüpfens ist für die Eiraupe eine kritische Zeit. Sie ist hierbei gegen extreme Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen besonders empfindlich.
3. Der Temperatur-Feuchtigkeitsbereich geringster Sterblichkeit (5% Mortalitätsgrenze) ist für Larve I von *D. pini* wesentlich enger begrenzt als für das Ei. Er liegt zwischen 18—26,5° C und 55—100% relativer Luftfeuchtigkeit. Das vitale Optimum fällt für diese Stufe unter eine Temperatur von 23,5° C, verbunden mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 75—90%. Für Larve II von *D. pini* ist der Bereich geringster Sterblichkeit größer als für Larve I und durch Temperaturen von 19,5 bis 32° C sowie relative Luftfeuchtigkeitswerte von 58—100% umgrenzt. Das vitale Optimum liegt hier bei 27° C und 75—90% relativer Luftfeuchtigkeit. Unter den 3 näher untersuchten präimaginalen Stadien von *D. pini*, nämlich Ei, Larve I und Larve II, besitzt Larve I die geringste ökologische Valenz gegenüber Klimaeinflüssen.
4. In der Puppenstufe und in dem diesem voraufgehenden Zustand weist *D. pini* relativ große Widerstandsfähigkeit auch gegen extreme Temperatureinflüsse auf.
5. Die Entwicklungsdauer des Eies ist wesentlich von der Temperatur abhängig. Die relative Luftfeuchtigkeit spielt in diesem Zusammenhang keine nennenswerte Rolle. Die empirische Entwicklungs-Indexkurve verläuft flach s-förmig. Unter der theoretischen Vorraussetzung einer linearen Zunahme des Entwicklungs-Index ergibt sich auf graphischem Weg für das Ei ein α-Wert (Entwicklungsnullpunkt) von 7,8° C. Als Hyperbelfunktion aufgefaßt kommt die Temperaturabhängigkeit der Entwicklungsdauer des Eies durch die Formel $T\,(t - 7{,}8) = 182$ zum Ausdruck. Für Larve I und Larve II führten niedere Luftfeuchtigkeitsgrade zu einer Verzögerung der Entwicklungsdauer. Die Erscheinung hängt möglicherweise mit einer Ver-

[1]) Aus Raumersparnisgründen wird auf die Wiedergabe der Zahlentabelle verzichtet.

schlechterung der Futterqualität unter diesen Bedingungen zusammen. Die Kurven der Entwicklungsdauer-Indizes verlaufen für diese beiden Stadien ähnlich flach S-förmig wie beim Ei. Als Hyperbelfunktion aufgefaßt läßt sich die Temperaturabhängigkeit der Entwicklungsdauer von Larve I durch die Gleichung $T\ (t - 8) = 90$, und von Larve II durch den Ausdruck $T\ (t - 7) = 115$ darstellen. Für die Puppe lautet die entsprechende Hyperbelfunktion $T\ (t - 9) = 115$.

6. Die Hungerfähigkeit frischgeschlüpfter Larven und ebenso jene frischgehäuteter Larven des II. Stadiums nimmt bei steigender Temperatur und fallender relativer Luftfeuchtigkeit ab. Sie erreichte bei der Versuchstemperatur von 0,5° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100% mit 25 Tagen Lebensdauer hungernder Larven des I. Stadiums ihren größten Wert. Die Hungerfähigkeit von Larve II ist geringer als jene von Larve I.

Literatur.

1. Aullós, M., Reseña de los Trabajos verificados por la Comission de la Fauna forestas española durante el Aña de 1916. Pol. Soc. Entom. España 2, 1919, S. 19—284. (Rev. appl. Entom. A 7, 1919, S. 209.)
2. Blunck, H., Die Entwicklung des *Dytiscus marginalis* L. vom Ei bis Imago. 2. Die Metamorphose. Zeitschr. wiss. Zool. 121, 1923, S. 171—391.
3. Bodenheimer, F. S., Über die Voraussage der Generationenzahl von Insekten. III. Die Bedeutung des Klimas für die landwirtschaftliche Entomologie. Zeitschr. f. ang. Entom. 12, 1926, S. 91—122.
4. — — Welche Faktoren regulieren die Individuenzahl einer Insektenart in der Natur? Biol. Zentralbl. 48, 1928, S. 714—739.
5. — — Über die Grundlagen einer allgemeinen Epidemiologie der Insektenkalamitäten. Zeitschr. f. ang. Entom. 16, 1930, S. 433—450.
6. Eckstein, K., Beiträge zur Kenntnis des Kiefernspinners *Lasiocampa pini* L. Zool. Jahresbücher Abt. System. Geographie u. Biologie der Tiere Bd. 31, 1911, S. 59—164.
7. Eidmann, H., Morphologische und physiologische Untersuchungen am weiblichen Genitalapparat der Lepidopteren. I. Morph. Teil. Zeitschr. f. ang. Entom. 15, 1929, S. 1—66.
8. — — Morphologische und physiologische Untersuchungen am weiblichen Genitalapparat der Lepidopteren. II. Physiol. Teil. Zeitschr. f. ang. Entom. Bd. 18, 1931, S. 57—112.
9. Escherich, K., Die Forstinsekten Mitteleuropas. Bd. I und III, Berlin 1914, 1931.
10. Janisch, E., Das Exponentialgesetz als Grundlage einer vergleichenden Biologie. Abh. Theorie organ. Entwickl. 2, Berlin 1927, S. 1—383.
11. — — Über die Wirkungsgröße der Umweltfaktoren bei der Massenvermehrung der Insekten. Deutsch. Forsch. Arb. Notgemeinsch. deutsch. Wiss. 9, 1929.
12. Graham, S. S., Principles of forest entomology, New York 1929.
13. I'linskii, A., *Dendrolimus pini* L. its Life history and Control in Forests. (Ukrainisch.) Kiev. Vsenkr. Dzentr. Upraol. Lisami 1928. (Nach Rev. Appl. Entom. 17, 1930, S. 138—139).
14. Imms, A. D., Recent Advances in Entomology. London 1931.
15. Kazanskii, K. A., *Dendrolimus sibiricus* Tshto. as a Forest Pest in the Buryat. Mongol Republic. (Russisch.) Defénse des Plantes. 4, 1927, S. 861—915. (Nach Rev. Appl. Entom. 16, 1929, S. 485—486.)
16. Knoche, E., Schädling, Klima und Bekämpfung. Arb. Biol. Reichsanstalt f. Land- u. Forstw. 16, 1929, S. 705—775.
17. Lebedev, A. G., und Savenkov, A. N., Einige neue Ergebnisse aus der Biologie und Physiologie des Kiefernspinners *(Dend. pini)*. Zeitschr. f. ang. Entom. 16, 1930, S. 157—177.

18. Lebedev, A. G., and Savenkov, A. N., Die Nahrung des Kiefernspinners *(Dend. pini)*. Zeitschr. f. ang. Entom. 19, 1932, S. 85—103.
19. Nüßlin-Rhumbler, Forstinsektenkunde. 4. Aufl. Berlin 1927.
20. Prochnow, O., Die Abhängigkeit der Entwicklungs- und Reaktionsgeschwindigkeit bei Pflanzen und poikilothermen Tieren von der Temperatur. Inaugural-Dissertation, Friedrich-Wilhelm-Universität zu Berlin 1908, S. 1—39.
21. Ratzeburg, J. Th. Ch., Die Forstinsekten Bd. II. Berlin 1840.
22. — — Die Waldverderbnis I. Berlin 1866.
23. Seitner, M., Beobachtungen beim Kiefernspinnerfraß im großen Föhrenwald bei Wr. Neustadt 1913—1914. Centralbl. f. ges. Forstw. 41, 1915, S. 161—173.
24. Shelford, T. E., Laboratory and Field Ecology. London 1929.
25. Shishkin, K., Observations on the metamorphosis of *Dendrolimus pini* L. (Russisch) 1915, S. 3—17. (Nach Rev. Appl. Entom. 3, 1915, S. 227.)
26. Uvarov, B. P., Insects and Climate. Trans. Ent. Soc. 79, London 1931, S. 1—247.
27. Wasiliev, I. V., *Dendrolimus pini* and *Dendrolimus segregatus* Butl., their life-history, injurious activities and methods of fighting them. Mem. Bur. Entom. Sci. Comm. Cent. Board. Lond Adminis. Agric. 7, 1913. (Rev. Appl. Ent. A 2, 1914, S. 220—233).
28. Wolff, M., und Krauße, A., Die forstlichen Lepidopteren. Jena 1922.
29. Zwölfer, W., Studien zur Ökologie und Epidemiologie der Insekten. 1. Die Kiefern-eule *Panolis flammea*. Zeitschr. f. ang. Entom. 17, 1931, S. 475—682.
30. — — Zur Lehre von den Bevölkerungsbewegungen der Insekten. Zeitschr. f. ang. Entom. 19, 1932, S. 1—21.
31. — — Methoden zur Regulierung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Zeitschr. f. ang. Entom. 19, 1932.

Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklung des Schwammspinners, Porthetria dispar L.[1]

Von

Mithat Ali.[2]

(Aus dem Institut für angewandte Zoologie, München.)

(Mit 12 Diagrammen.)

Inhaltsübersicht.

Seite

I. Einleitung 355
II. Material und Methode 356
a) Material 356
b) Regulierung von Luftfeuchtigkeit und Temperatur 356
c) Futter 356
d) Einfluß der künstlichen Lebensraumeinengung 356
III. Mortalität von Ei, Larve I und Larve II bei verschiedenen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitskombinationen 358
a) Eimortalität 358
b) Mortalität der Larve I 359
c) Mortalität der Larve II 362
IV. Beobachtungen über den Einfluß der Temperatur und Luftfeuchtigkeit an den übrigen Larvenstadien, der Puppe und Imago 363
a) Mortalität von Larve III—V (VI) 363
b) Mortalität der Puppe 364
c) Das Puppengewicht 365
d) Eiablage und Durchschnittseizahl 366
V. Entwicklungsdauer der präimaginalen Stufen und Lebensdauer der Falter . . . 368
a) Larve I 369
b) Larve I—V (VI) 371
c) Puppe 373
d) Lebensdauer der Imago 374
e) Über die Gesamtentwicklungs- und Lebensdauer und den sogenannten Entwicklungsnullpunkt 375
VI. Lebensdauer hungernder Larven 377
Zusammenfassung 379
Literatur 380

---

[1]) Abgeschlossen im Januar 1932.

[2]) Jetzt Ankara.

I. Einleitung.

In der so außerordentlich umfangreichen Literatur über den Schwammspinner, *Porthetria (Lymantria) dispar* L., fehlten bislang eingehendere Untersuchungen über die Abhängigkeit dieser Art von klimatischen Verhältnissen. Es gilt dies sowohl für die Beobachtungen über das Auftreten des Insektes in freier Natur, als auch für jene, die bislang im Laboratorium gemacht wurden. Diese Tatsache muß um so mehr wunder nehmen, als dem Schwammspinner in gewissen Gegenden eine ganz erhebliche wirtschaftliche Bedeutung zukommt. Es sei in diesem Zusammenhang nur an das bekannte Massenauftreten in den Vereinigten Staaten erinnert, für dessen Eindämmung alljährlich Riesensummen verausgabt werden, und an jenes in Jugoslavien, das Jahr für Jahr erhebliche wirtschaftliche Opfer fordert.

Soweit im Zusammenhang mit diesen Massenvermehrungen bisher Untersuchungen über den Schwammspinner stattgefunden haben, beziehen sie sich fast ausschließlich auf biozönotische Fragen. Insbesondere sind dank der Initiative der nordamerikanischen Schwammspinner-Bekämpfungsaktion die Parasiten und Feinde von *P. dispar* L. in einer kaum zu überbietenden Gründlichkeit untersucht worden. Es sei in dieser Hinsicht nur auf die älteren und neueren zusammenfassenden Werke amerikanischer Autoren verwiesen, wie jenes von Forbush und Fernald (1) (1898), sowie von Burgeß und Croßmann (2) (1929).

Bei den beiden erstgenannten Autoren finden sich zwar einige Angaben über den Einfluß hoher und niederer Temperaturen auf Eier, Raupen usw., doch sind diese ganz allgemein gehalten und entsprechen nicht den neuzeitlichen Ansprüchen ökologischer Forschung. Besser begründete Einzelheiten bringt Summers (3). Doch beziehen sich seine Beobachtungen, die in freier Natur gemacht wurden, nur auf den Einfluß niederer Temperaturen auf das überwinternde Eistadium. Ebenfalls über das Ei bezw. den Ort der Eiablage und seine Abhängigkeit von herrschenden Witterungsverhältnissen teilt Stschelkonovzeff (4) Freilandbeobachtungen aus Rußland mit. Nach ihm werden in regnerischen und kühlen Sommern die Eiklumpen regellos um den gesamten Stamm abgelegt, während sie sich in trockenen Sommern ausschließlich auf der Nordseite finden. Damit sind in großen Zügen die Literaturangaben über den Einfluß von Witterungsfaktoren auf den Schwammspinner erschöpft.

Bei solcher Sachlage war die Anwendung experimenteller Untersuchungsmethoden, wie sie sich in der modernen ökologischen Forschung mehr und mehr einbürgern, auf den Schwammspinner, als eines der wirtschaftlich bedeutungsvollsten Forstinsekten, durchaus angebracht. Die Untersuchungen, deren Ergebnis im folgenden mitgeteilt wird, beziehen sich auf diesen Gegenstand. Eine erschöpfende Behandlung der Materie konnte — wie ausdrücklich vorausgeschickt sei — in der Kürze der zur Verfügung

stehenden Zeit nicht stattfinden, und die Ergebnisse sind nur als ein erster Beitrag zu dem in Frage stehenden Problem gedacht.

Im einzelnen sind mir bei der Problemstellung und der technischen Durchführung der Untersuchungen — soweit im folgenden nichts anderes erwähnt ist — die entsprechenden Arbeiten von Shelford (5), Bodenheimer (6) und Zwölfer (7) maßgebend gewesen.

Es sei mir zum Schluß gestattet, meinem verehrten Lehrer, Herrn Geheimrat Prof. Dr. Escherich, der diese Untersuchungen anregte, hierfür und für das große Interesse, das er ihrem Fortgang stets entgegenbrachte, herzlich zu danken. Auch Herrn Priv.-Dozt. Dr. Zwölfer schulde ich für die Unterstützung, die er mir bei meinen Arbeiten stets zuteil werden ließ, herzlichen Dank.

II. Material und Methode.

a) Material: Das zu den Versuchen benutzte Material wurde durchweg im Winter im Freiland gesammelt und entstammte der Umgebung von Düsseldorf. Um ein vorzeitiges Schlüpfen der im Laufe des Winters bezogenen Eier zu vermeiden, wurden diese im Eisschrank bei Temperaturen von ca. $+2^{0}$ bis $+3^{0}$ C untergebracht (bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 70—75%).

b) Regulierung von Luftfeuchtigkeit und Temperatur: Die Regulierung der Luftfeuchtigkeit wurde unter Zuhilfenahme von feuchten Salzen in derselben Weise ausgeführt, wie dies Zwölfer (7) bereits näher beschrieben hat, und zwar kamen aus Petrischalen von 10 cm Durchmesser und 2 cm Höhe hergestellte Hygrostaten in Anwendung. Zur Erzeugung der verschiedenen konstanten Temperaturstufen wurde das Münchener Modell (7a) des Williamschen Brückenthermostaten benutzt.

c) Futter: Soweit in den folgenden Versuchen nichts Besonderes vermerkt ist, wurde stets Eichenlaub (und zwar solches von *Quercus pedunculata* Ehrh.) als Futter gereicht. Ich hielt mich in dieser Hinsicht an die in der einschlägigen Literatur vorliegenden Angaben, wonach neben dem Laub von Obstbäumen besonders dasjenige der Eiche als Hauptnahrung genannt ist. Das Futter wurde für die Versuchstiere jüngeren Alters in Streifen zerschnitten, ähnlich wie dies bei der Zucht des Seidenspinners üblich ist (8), und täglich einmal frisch gereicht.

d) Einfluß der künstlichen Lebensraumeinengung: Bei den Versuchen über die Einwirkung verschiedener Temperaturluftfeuchtigkeitskombinationen auf die Sterblichkeit der einzelnen Raupenstadien kommt als mögliche Fehlerquelle die künstliche Einengung des Lebensraumes (Übervölkerung!) in den Zuchtgefäßen in Frage. Um diese nach Möglichkeit auszuschalten, galt es zunächst festzustellen, wie viele Raupen der einzelnen Stadien in den für die Versuche vorgesehenen Zuchtgefäßen untergebracht werden konnten, ohne daß sich durch die Einengung des Lebensraumes schädigende Einflüsse auf die Versuchstiere bemerkbar machten.

Zu diesen Versuchen ließ ich einen Teil der Eier, die im Eisschrank aufgehoben waren, im Zimmer bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 70—75 % ausschlüpfen. Diese Feuchtigkeitsstufe ist auch bei allen Lebensraumversuchen einheitlich verwendet worden. Nunmehr wurden die ausgeschlüpften Eiraupen folgendermaßen auf 8 Petrischalen verteilt:

2 Schalen je 50 Stück
2 Schalen je 100 Stück
2 Schalen je 200 Stück
1 Schale je 300 Stück
1 Schale je 400 Stück.

Die Versuche dauerten vom 7. Mai bis 25. Mai. Die während dieser Zeit herrschenden mittleren Zimmertemperaturen sind in den folgenden Tabellen vermerkt, welche die Ergebnisse der Versuche zusammenfassen.

Da anfangs noch keine Eichenblätter zur Fütterung beschafft werden konnten, wurde zunächst mit Buchenlaub gefüttert.

Lebensraumversuche mit Larve I.

Versuchsnummer	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Ausgangszahl der Versuchstiere (Eiraupen)	50	50	100	100	200	200	300	400
Die I. Häutung haben erreicht: % Versuchstiere	100	96	93	88	98	93	91	82
Mittlere Zimmertemperatur in °C	16,6	16,6	15,7	15,7	17,2	17.2	18,1	18,1

Die geringen Unterschiede im Prozentsatz der Überlebenden lassen mit Ausnahme vielleicht von Versuch VIII keinerlei Beziehung zur Zahl der Ausgangstiere erkennen. Man kann hieraus den Schluß ziehen, daß ein Besatz bis zu 300 Raupen des I. Stadiums in den Zuchtgefäßen untergebracht werden kann, ohne daß sich in diesen ein Einfluß der Einengung des Lebensraumes auf die Sterblichkeit bemerkbar macht.

Lebensraumversuche mit Larve II.

Versuchsnummer	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Ausgangszahl der Versuchstiere (Eiraupen)	50	48	93	88	196	186	237	331
Die II. Häutung haben erreicht: % Versuchstiere	100	98	96	98	95	97	94	94
Mittlere Zimmertemperatur in °C	19,1	19,1	19,3	19,3	18,8	19,0	19,3	19,3

Auch bei Larve II zeigte sich somit in entsprechender Weise wie bei Larve I, daß ein Besatz bis zu ca. 200 Raupen je Schale keine nennenswerte Zunahme der Sterblichkeit zur Folge hat. Selbst bei einem Besatz von 200—300 Versuchstieren je Zuchtgefäß ist diese noch relativ gering und nicht eindeutig aus der künstlichen Einengung des Lebensraumes herzuleiten.

Lebensraumversuche mit Larve III.

Versuchsnummer	I	II	III	IV
Ausgangszahl der Versuchstiere (Eiraupen)	50	47	90	87
Die III. Häutung haben erreicht: % Versuchstiere	100	100	93	96
Mittlere Zimmertemperatur in °C	20,9	20,9	20,9	20,9

Es scheint aus dieser Tabelle hervorzugehen, daß ein Besatz von 80—90 Raupen des Stadiums III für die Größe der verwendeten Zuchtgefäße bereits etwas zu hoch ist, da bei diesen Versuchen der Prozentsatz der Überlebenden durchweg niederer lag als in den schwächer bevölkerten Versuchsgefäßen. Die Grenze des Raupenbesatzes mit Larve III, bei der sich ein schädigender Einfluß durch die Einengung des Lebensraumes noch nicht bemerkbar macht, dürfte hiernach zwischen 50—60 Raupen je Schale liegen.

Die konsequente Fortsetzung dieser Versuche war leider nicht durchführbar, da vom 26. Mai ab erst vereinzelt (und zwar in den am dichtesten bevölkerten Zuchtgefäßen — wie denn auch Escherich (9) diese Krankheit als Übervölkerungskrankheit bezeichnet, die durch Übervermehrung bedingt sein soll —), später häufiger Ausfälle durch Polyederkrankheit eintraten. Um ein Übergreifen der Seuche auf die Hauptversuche zu verhindern, wurde vom 26. Mai ab, die ganze Versuchsreihe eingestellt und das gesamte Material mit Ausnahme der Versuchsnummer I vernichtet.

Von diesem letzteren Versuch wurden 15 Stück nach der III. Häutung (also als Larve IV) in einer Petrischale weitergezüchtet. Sämtliche 15 Stück gelangten bis zur Verpuppung. Die Puppen, die nicht näher untersucht wurden, zeigten normales Aus-

sehen. Es darf hieraus entnommen werden, daß bei einem Besatz von 15 Raupen der Stadien IV und V je Petrischale durch die künstliche Einengung des Lebensraumes keine Schädigung der Versuchstiere eintritt.

Auf Grund dieser Versuche habe ich späterhin für Larve I—III mit einem Besatz der Zuchtgefäße bis zu 50 Stück, von Larve IV ab mit einem Besatz von 10 Stück je Zuchtschale gearbeitet.

Ergänzend sei hinzugefügt, daß in den stark bevölkerten Zuchtgefäßen (300—400 Raupen je Schale) der Verlauf der Häutungen wesentlich unregelmäßiger war, als in den schwächer bevölkerten. Es hängt dies vermutlich mit gegenseitigen Störungen der Versuchstiere, die naturgemäß in stark bevölkerten Zuchtgefäßen verhältnismäßig groß ist bei der Nahrungsaufnahme zusammen.

III. Mortalität von Ei, Larve I und Larve II bei verschiedenen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitskombinationen.

a) Eimortalität: Um die kombinierte Wirkung von relativer Luftfeuchtigkeit auf die Vitalität des Eies festzustellen, wurden 48 Einzelversuche mit insgesamt 11 085 Eiern ausgeführt. Die Ergebnisse sind im Mortalitätsdiagramm, Abb. 1, niedergelegt.

Die zu diesen Versuchen verwendeten Eier waren im Laboratorium bei durchschnittlich 20—22° C abgelegt worden. Rund 12 Stunden nach der Eiablage setzte ich sie den verschiedenen Temperaturfeuchtigkeitskombinationen aus, in denen sie vom 1. Juli bis zum 30. Oktober konstant verblieben. Da unter Freilandbedingungen dem Schlüpfen der Eier normalerweise eine Periode der Unterkühlung vorausgeht, habe ich die Versuchseier anschließend zwei Monate lang den winterlichen Freilandtemperaturen und Feuchtigkeitsverhältnissen ausgesetzt. Um einen allzu schroffen Übergang zu vermeiden, wurde das dem Thermostaten entnommene Eimaterial zunächst vor seiner Überführung ins Freie 3 Tage lang im ungeheizten Raum belassen. Ebenso wurde nach Ablauf der zweimonatlichen Unterkühlungsperiode verfahren. Schließlich verbrachte ich das Versuchsmaterial in einen geheizten Raum (Temperaturen 18—20° C), wo die Eier bis zum Schlüpfen verblieben. Der Vergleich der in den einzelnen Versuchen geschlüpften und nicht geschlüpften Eier lieferte sodann die Anhaltspunkte zur Berechnung der Mortalitätsprozente.

Zufolge dieser Versuchsergebnisse ist der Bereich günstiger Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen für die Embryonalentwicklung des Schwammspinnereies relativ weit begrenzt. Das Optimum liegt bei ca. 18° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von ungefähr 80%. Die ellipsenförmigen Hilfslinien in Abb. 1 geben den Verlauf der 10%, 50% und 100% Mortalitätsgrenze unter den verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen an.

Dauernder Aufenthalt unterhalb 6° C, gleichviel mit welcher Luftfeuchtigkeit kombiniert, verhindert die Eientwicklung. Die obere tödliche Temperaturgrenze liegt für Luftfeuchtigkeitswerte von 100% bei etwa 24—25° C, von 50—90% bei etwa 28—29° C und für 19% relativer Luftfeuchtigkeit bei ca. 10—23° C.

Nach Stschelkanovzeff wurden die Schwammspinnereier in dem trockenen heißen Sommer des Jahres 1924 hauptsächlich an der Nordseite der Stämme in Höhen von 7—10 m abgelegt. Im regnerischen, kühlen Sommer des Jahres 1925 hingegen wurden die Eierschwämme regellos auf

allen Seiten der Stämme und zudem in geringerer Höhe abgesetzt. Es liegt nahe, in dieser verschiedenartigen Eiablage eine Anpassung an die jeweiligen Witterungsverhältnisse zu erblicken. Insbesondere dürfte die eigenartige Eiablage im heißen Sommer 1924 wesentlich zum Schutz der Eier vor tödlichen hohen Temperaturen beigetragen haben. Nach meinen Versuchsergebnissen liegt diese obere tödliche Grenze bei Daueraufenthalt zwischen 28—30° C. Temperaturen über 30° C, wie sie im natürlichen Lebensraum des Schwammspinners vorkommen können, werden mithin auch für die Eientwicklung schon bei kürzerer Einwirkungszeit schädliche Folgen haben.

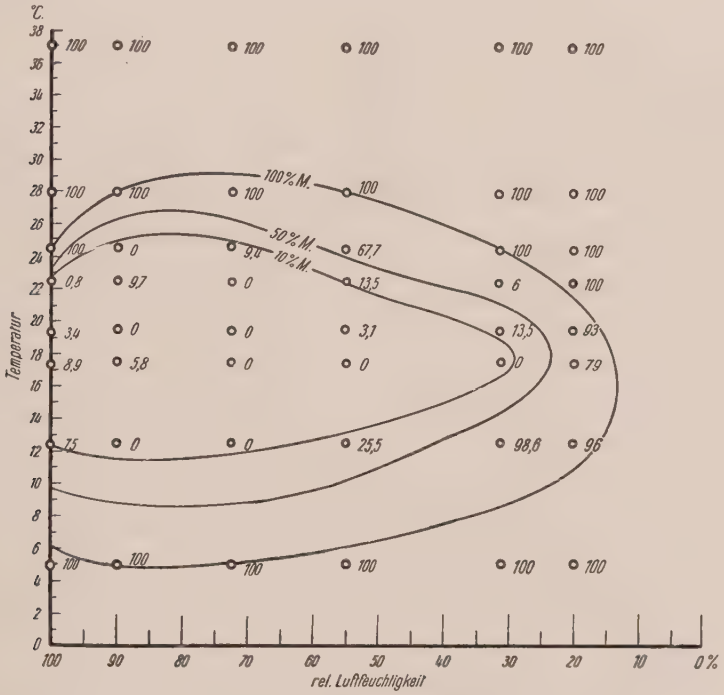


Abb. 1. Eimortalitätsdiagramm.
(Die den Kreisen zugeordneten Zahlen geben die Sterblichkeitsprozente an.)

b) Mortalität der Larve I: Durch die oben mitgeteilten Vorversuche ist gezeigt worden, daß jeweils 50 Larven bis zur L. III Entwicklungsstufe in den zur Verwendung kommenden Zuchtgefäßen aufgezogen werden können, ohne daß sich ein Einfluß des Lebensraumes auf die Raupensterblichkeit bemerkbar macht. Danach ist anzunehmen, daß dieser Faktor bei den folgenden Versuchen über den Einfluß der Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Sterblichkeit der Raupen, zu denen zunächst jeweils 50 frisch geschlüpfte Eiraupen (Larve I) benutzt wurden, als Fehlerquelle ausgeschaltet war. Im ganzen wurde dabei mit 66 Kombinationen der genannten physischen Faktoren gearbeitet.

Die Ergebnisse dieser Einzelversuche waren insofern auffallend, als sämtliche Kombinationen mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 70 bis 75 % und darunter eine Sterblichkeit von 100 % aufwiesen. Auch bei 90—95 % relativer Luftfeuchtigkeit war unter sämtlichen Temperaturen die Sterblichkeit auffallend hoch. Eine einmalige Wiederholung des Versuches mit 70—75 % relativer Luftfeuchtigkeit führte zu demselben Resultat: In allen Fällen trat wiederum 100prozent. Sterblichkeit auf.

Obschon dieser Kontrollversuch den verhängnisvollen Einfluß von Luftfeuchtigkeitsgraden kleiner als 75 % zu bestätigen scheint, so ist immerhin nicht ausgeschlossen, daß hierbei eine Fehlerquelle mitwirkte: Bei der angewandten Versuchstechnik bleibt die Möglichkeit einer Beeinflussung des Futters durch die niederen relativen Luftfeuchtigkeitsgrade und eine dadurch bedingte Schädigung der Raupen bestehen. Es ist ohne weiteres einzusehen, daß geringe Luftfeuchtigkeit eine verstärkte Verdunstung des gereichten Futters zur Folge hat und damit möglicherweise eine wesentliche Veränderung desselben bewirkt. Durch häufigen, zu mindesten mehrmaligem Futterwechsel am Tage würde sich diese Fehlerquelle wohl weitgehend ausschalten lassen. Bei der großen Zahl gleichzeitig laufender Einzelversuche war jedoch ein täglich mehrmaliger Futterwechsel nicht möglich. Die Klärung der Frage muß daher einer späteren Untersuchung vorbehalten bleiben.[1]) Eine Wiederholung sämtlicher Einzelversuche mit

[1]) Anmerkung bei der Korrektur: Dies ist inzwischen durch Dr. Zwölfer geschehen, der im Sommer 1932 die Frage überprüfte und mir das Ergebnis seiner Kontrollversuche zur Veröffentlichung überließ. Er wandte dabei eine Versuchstechnik an, die in seiner inzwischen erschienenen Arbeit „Methoden zur Regulierung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit" S. 511—512 (Zeitschr. f. angew. Entom. 1932, Bd. 19) beschrieben ist. Sie unterscheidet sich von der von mir benutzten Methode insofern, als die in den Zuchtraum des Hygrostaten eingelegten Futterblätter mit ihrem Stiel dauernd im Wasser stehen. Die Gefahr eines raschen Welkens ist damit verhindert. Was die Sterblichkeit von Schwammspinnerraupen des I. Stadiums bei Fütterung mit Blättern der Weißbuche *(Carpinus betula)* anbetrifft, so lag sie in den Kontrollversuchen Zwölfers bei einer Temperatur von 20,6° C, wie folgt:

100 % rel. Luftfeuchtigkeit		75 % rel. Luftfeuchtigkeit		75 % rel. Luftfeuchtigkeit	
Stiel des Futterblattes steht nicht in H_2O		Stiel des Futterblattes steht nicht in H_2O (altes Verfahren!)		Stiel des Futterblattes steht in H_2O (neues Verfahren!)	
Zahl der Versuchstiere	Mort.	Zahl der Versuchstiere	Mort.	Zahl der Versuchstiere	Mort.
84	3 %	84	58 %	85	7 %
94	2 %	68	56 %	85	9 %

Der Vergleich der 3 Kolonnen läßt klar erkennen, daß der Wasserverlust der abgeschnittenen Blätter an der hohen Sterblichkeit der Raupen schuld trägt. Sowie der Turgor des Blattgewebes durch geeignete Maßnahmen auf annähernd normaler Höhe gehalten wird (vgl. 3. Kolonne), sinkt die Sterblichkeit der Raupen auch unter 75 %

einer modifizierten Versuchstechnik, die diesen Gesichtspunkt berücksichtigt hätte, war leider aus Zeit- und Materialmangel nicht mehr durchführbar.

Infolge dieser Unsicherheit der Versuchsdaten bei niederer Luftfeuchtigkeit beschränkte ich mich im folgenden auf die Wiedergabe meiner Ergebnisse über die Sterblichkeit der Larve I bei Luftfeuchtigkeitsgraden von 90—95 % sowie von 100 %.

Temperatur °C		4,2	10,0	12,5	15,5	18.5	20,0	23,0	25,0	28,0	30,0	37,0
Mortalität in % bei	90—95 % r. L.-F.	100	64	40	40	84	96	100	100	94	100	100
	100 % r. L.-F.	100	24	16	4	2	6	10	14	16	22	100

Aus der Tabelle geht hervor, daß die Anpassungsbreite der Larve I zu mindesten bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit einen Temperaturbereich zwischen rund 10—30 °C umfaßt. Das Optimum des Überlebens liegt unter dieser Feuchtigkeitsstufe bei ca. 18 °C. Die absolut tödliche obere Temperaturgrenze liegt oberhalb 30 °C, die entsprechende untere Grenze zwischen 4—10 ° C.

Nach der von Janisch (10) gegebenen Definition des „absoluten Optimums" müßte — wie in diesem Zusammenhang vorwegnehmend bemerkt sei — dasselbe für die Larve I des Schwammspinners bei 30 ° C verbunden mit 100 % relativer Luftfeuchtigkeit liegen. Bei dieser Kombination war die Entwicklungsdauer sowohl der Larve I mit 6 Tagen (im Mittel) als auch die für den gesamten Entwicklungszyklus mit 31 Tagen (im Mittel bis zur Verpuppung) am kürzesten, was der genannte Autor als Kennzeichen des „absoluten Optimums" ansieht. Die Sterblichkeit der Eiraupen indessen war bei dieser Kombination mit 22 % bedeutend größer als bei 18,5 C, wo sie mit 2 % den geringsten Wert in meinen Versuchen besaß. Man wird daher das sogenannte „absolute Optimum" nur als ein „Entwicklungsdauer-Optimum" ansehen können. Im einzelnen wird weiter unten hierauf noch näher zurückgekommen werden.

Die Fraßintensität der Raupen zeigte in den verschiedenen Kombinationen bemerkenswerte Unterschiede. Obschon diese nicht quantitativ erfaßt werden, so sollen sie doch in diesem Zusammenhang kurz angeführt werden, da sie interessante Hinweise geben.

Daß die Fraßintensität bei höheren Temperaturen ganz allgemein stärker ist als bei niederen, ist schon von anderen Insekten bekannt (Berwig

relativer Luftfeuchtigkeit auf ein Minimum herab. Zwecks Aufstellung eines Mortalitätsdiagramms für Larve I des Schwammspinners wird es sich empfehlen, künftig mit dem neuen Verfahren zu arbeiten. — Speziell die Werte bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit, bei denen ein Welken des Blattes ausgeschlossen war, decken sich im übrigen recht gut mit meinen eigenen oben mitgeteilten Befunden.

[10] u. a.) und trifft nach den vorliegenden Beobachtungen auch für die Schwammspinnerraupe zu. Die untere Grenztemperatur für eine Nahrungsaufnahme überhaupt liegt bei dieser Art zwischen 4,2 und 10 °C. Bei ersterer wurde keine Nahrung aufgenommen, bei letzterer Temperaturstufe war die Intensität der Nahrungsaufnahme 0 bis mäßig. Bei 37 °C, bei der, wie schon erwähnt, 100 % Sterblichkeit eintrat, war die Nahrungsaufnahme teilweise sehr intensiv. Hinsichtlich des Einflusses der Luftfeuchtigkeit ist zu bemerken, daß bei den übrigen Temperaturstufen durchweg die intensivste Nahrungsaufnahme bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit erfolgte, während sie bei den übrigen Luftfeuchtigkeitsgraden stufenweise abnahm.

Im Zusammenhang mit der geschilderten Fraßintensität ist das Verhalten der Raupen bei 37 °C, verbunden mit 100 % relativer Luftfeuchtigkeit von besonderem Interesse: Bis zum 4. Tag betrug die Zahl der abgestorbenen Tiere in dieser Kombination nur 14 %, während die übrigen sämtlich in den Zustand der Häutungsruhe verfallen waren; bei der Kontrolle am folgenden Tag ergab sich, daß sämtliche weiteren 86 % der Versuchstiere in diesem Zustand zugrunde gegangen waren, ohne die Larvenhaut abzustreifen. Es darf hieraus entnommen werden, daß die Empfindlichkeit der Larven bei diesen höheren Temperaturen im Häutungszustand größer ist als während des übrigen Larvenlebens. Vermutlich hängt die ganze Erscheinung mit dem während des Häutungszustandes vergleichsweise veränderten Wasserhaushalt des Raupenorganismus zusammen.

c) Mortalität der Larve II: Am 10. Juni, rund 10 Tage nach Beginn der Versuche mit Larve I, wurde in entsprechender Weise mit insgesamt 1000 Raupen des II. Stadiums (sogenannte Einhäuter) bei 5 verschiedenen Temperaturstufen und 4 relativen Luftfeuchtigkeitsgraden eine weitere Versuchsreihe angesetzt. Die Versuchstiere, die bei Zimmertemperatur und ca. 75 % relativer Luftfeuchtigkeit aus den Eiern entschlüpften, wurden zunächst in Zwingern auf großen Büschen von Eichenblättern bis zur I. Häutung gezogen. Die relative Luftfeuchtigkeit, die in diesen Zuchtkäfigen herrschte, ist nicht gemessen worden, doch dürfte sie am Aufenthaltsort der Raupen selbst schätzungsweise 90 % betragen haben. Am Tage der ersten Häutung wurden die Larven zu den obigen Versuchen herangezogen.

Wie schon für Larve I, so zeigte sich auch hier wiederum eine hohe Sterblichkeit (100 %) bei Luftfeuchtigkeitsgraden von 75 % und darunter. Selbst bei 90—95 % relative Luftfeuchtigkeit sind die Mortalitätsprozente — obschon niederer als für Larve I — noch auffallend hoch. Aus den schon oben mitgeteilten Gründen, die auch für diese Versuchserie Gültigkeit haben dürften — beschränke ich mich daher im folgenden auf die Wiedergabe der Versuchsergebnisse bei 100 % relative Luftfeuchtigkeit bezw. 90—95 % relativer Luftfeuchtigkeit.

Temperatur °C		10,0	18,3	23,0	28,0	37,0
Mortalität in % bei	90—95 % r. L.-F.	20	10	58	72	100
	100 % r. L.-F.	88	12	6	64	100

Nach diesen Resultaten zu urteilen, liegt das Optimum des Überlebens für Larve II, wenn wir dessen Bereich mit der 10prozent. Mortalitätsgrenze zusammen fallen lassen, ungefähr zwischen 18—24° C und 90—100 % relativer Luftfeuchtigkeit. Hinsichtlich der Temperaturen ist es demnach höher als bei Larve I. Auch ist sein Luftfeuchtigkeitsbereich vergleichsweise erweitert. Im übrigen zeigt die Gegenüberstellung der Mortalitätsdaten für Larve I und Larve II, daß die Empfindlichkeit der Larve I gegen Temperatur und Luftfeuchtigkeit wesentlich größer ist als jene von Larve II. Auf Entsprechendes hat Zwölfer (7) bei der Kieferneule, *Panolis flammea* Schiff., hingewiesen. Übereinstimmung zwischen dem Verhalten von Larve II und Larve I besteht auch insofern, als für beide extrem hohe Luftfeuchtigkeitsgrade die Entwicklung begünstigen.

Es sei in diesem Zusammenhang erwähnt, daß die Zimmertemperatur während dieser Versuchsreihe mit Larve II durchschnittlich bei ca. 21—22° C lag und damit um einige Grade höher als bei der ersten Versuchsreihe, welche die Larve I betraf. Nun lassen die obigen Versuchsergebnisse erkennen, daß das vitale Optimum der Larve II im Durchschnitt um 3° C höher liegt als jenes für Larve I. Die Möglichkeit, daß diese Temperaturunterschiede des vitalen Optimums für Larve I und II nicht auf gesetzmäßigen Eigenschafren der beiden Stadien beruhen, sondern eine Folge der Änderungen der Temperaturen des Laboratoriumsraumes sind, ist nicht ganz von der Hand zu weisen: Bei der täglichen Kontrolle der einzelnen Zuchten, die im Laboratorium vorgenommen wurde, sind momentane Temperaturänderungen für die Insassen der einzelnen Zuchten unvermeidbar. Diese momentanen Schwankungen sind um so größer, je weiter die Normaltemperatur des speziellen Versuchs von der jeweiligen Temperatur des Laboratoriums abweicht, und es ist nicht ausgeschlossen, daß sie schädigende Einflüsse auf die Versuchstiere ausüben. Falls sich das bestätigen sollte, ist anzunehmen, daß diese Einflüsse um so geringer sind, je näher die Temperatur des jeweiligen Versuchs jener des Laboratoriumsraumes liegt. Die Frage bedarf noch der eingehenden Klärung auf experimentellem Wege. In diesem Zusammenhang sollte nur auf die technisch kaum vermeidbaren momentanen Temperaturänderungen bei der Versuchskontrolle als auf eine mögliche Fehlerquelle verwiesen werden.

IV. Beobachtungen über den Einfluß der Temperatur und Luftfeuchtigkeit an den übrigen Larvenstadien, der Puppe und der Imago.

a) Mortalität der Larve III—V (VI): Infolge Auftretens der Polyederkrankheit, die sich in der Hauptsache vom III. Larvenstadium an bemerkbar machte, und nur vereinzelt schon im II. Larvenstadium in Erscheinung trat, sind die Versuchsergebnisee über den Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die älteren Larvenstadien nicht eindeutig. Auf ihre ausführliche Wiedergabe soll daher verzichtet werden. Die folgende kurze Zusammenstellung gibt das Ergebnis dieser Versuche wieder

— und zwar die Anzahl Puppen, die aus je 50 Ausgangsversuchstieren erhalten wurden. Dabei handelt es sich bei der als L. I bezeichneten Kolonne um Larve I als Ausgangsstufe, bei der mit L. II bezeichneten Kolonne hingegen bildete Larve II die Ausgangsstufe der jeweiligen Versuchsreihe.

Temperatur in ° C		18,5		20		23		25		28		30	
relative Luftfeuchtigkeit		100 %	90—93 %	100 %	90—93 %	100 %	90—93 %	100 %	90—93 %	100 %	90—93 %	100 %	90—93 %
Anzahl der erhaltenen Puppen	aus 50 Stück L I	13	3	9	0	8	0	3	0	1	1	1	0
	aus 50 Stück L II	19	14	--	—	21	12	—	—	3	4	—	--

b) Mortalität der Puppe: Auch für die Beurteilung des Einflusses von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf das Überleben der Schwammspinnerpuppe sind die gewonnenen Unterlagen spärlich. Immerhin geben sie einige Anhaltspunkte. Zu den Versuchen standen insgesamt 225 Puppen zur Verfügung,[1]) die ihre voraufgehenden Raupenstadien in einer Laboratoriumszucht durchlaufen hatten. Sie wurden auf insgesamt 45 Temperaturluftfeuchtigkeitskombinationen verteilt: Jeder Kombination waren 5 Puppen ausgesetzt. Die Ergebnisse sind im Diagramm Abb. 2 niedergelegt.

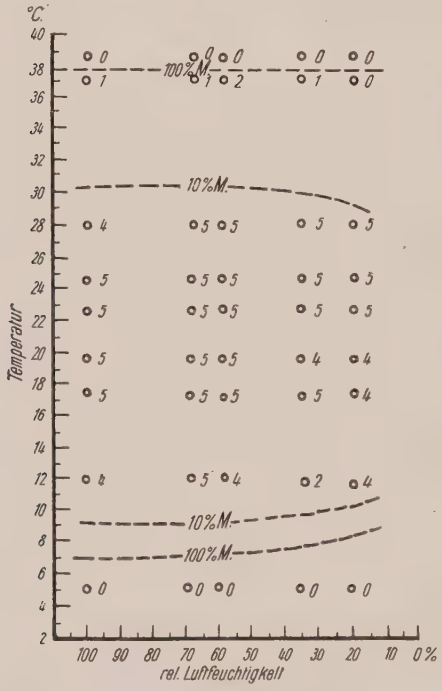


Abb. 2. Mortalitätsdiagramm der Puppen bei verschiedenen Temperatur- und rel. Luftfeuchtigkeitsstufen. (Die den Kreispunkten zugeordneten Zahlen geben die Anzahl geschlüpfter Falter von je 5 Versuchspuppen an.)

Obschon das Diagramm auf einer verhältnismäßig geringen Anzahl von Einzelbeobachtungen fußt, weisen doch seine Resultate auf eine große Widerstandsfähigkeit der Puppen gegenüber verschiedenen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsgraden hin, die jene der Larve I aber auch die der Larve II bei weitem übertrifft. So sind innerhalb der Temperaturen von 18 bis 28° C, selbst bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von ca. 20%, noch fast alle Puppen zum Schlüpfen der Falter gelangt, und man wird fast diesen gesamten Bereich als optimal für die Entwicklung der Puppe ansprechen können.

[1]) Ihr Geschlechterverhältnis wurde mit ♂♂ : ♀♀ = 1,3 : 1 ermittelt.

Die obere Temperaturgrenze für 100% Mortalität liegt (bei Daueraufenthalt!) zwischen 37 und 38,5° C, die untere letale Grenze zwischen 5 und 12° C.

c) **Das Puppengewicht**: Die aus den beiden oben beschriebenen Versuchsserien (IV a) erhaltenen Puppen wurden auf ihre Geschlechtszugehörigkeit hin untersucht, auch wurde ihr Einzelgewicht mittels einer Analysenwaage ermittelt (2 mg Genauigkeit). Die Wägung der Puppen wurde stets am Tage nach erfolgter Verpuppung vorgenommen. Ihr kommt nur relative Bedeutung zu, da nach den bei anderen Insekten gemachten Erfahrungen mit einer Änderung des Gewichts der Puppen im Laufe ihrer Entwicklung gerechnet werden muß. Immerhin sind die einzelnen Ergebnisse untereinander vergleichbar, da sie stets annähernd in ein und demselben Entwicklungszustand der einzelnen Puppen gewonnen wurden.

Was zunächst das Geschlechterverhältnis anlangt, das in den einzelnen Kombinationen auf Grund der Untersuchung der Puppen festgestellt werden konnte, so ist dies außerordentlich schwankend. Irgendwelche Gesetzmäßigkeiten über den Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf das Geschlechterverhältnis aus den erhaltenen Werten herauslesen zu wollen, ist bei dem geringen Zahlenmaterial nicht angängig. Im übrigen erwiesen sich die männlichen Puppen durchweg leichter als die weiblichen. Ihr Durchschnittsgewicht betrug $^1/_3$—$^1/_2$ desjenigen der weiblichen Puppen. Das Minimalgewicht der Puppe ♂ betrug in der gesamten Versuchsreihe 305 mg, das Maximalgewicht 650 mg. Die entsprechenden Gewichte der weiblichen Puppe sind 710 mg und 1850 mg. Die Mittelwerte des Gewichtes der ♂ Puppe, wie sie in den einzelnen Temperaturfeuchtigkeitskombinationen erhalten worden waren, lagen zwischen 394—500 mg, jene der weiblichen Puppe zwischen 1003 und 1137 mg. Wie sich diese Mittelwerte im einzelnen auf die verschiedenen Kombinationen verteilen, geht aus den beiden folgenden Tabellen hervor.

Aus Larve I aufgezogen:

		bei 90—95 % rel. Luftfeuchtigkeit			bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit						
Temperatur in °C		28	18,5	15.5	30	28	25	23	20	18,5	15,5
Zahl der männlichen Puppen		1	2	2	—	1	2	4	7	10	4
Gewicht in mg	Minimum	—	432	350	—	—	400	420	330	365	384
	Mittel. .	455	511	363	—	455	425	500	394	442	454
	Maximum	—	590	377	—	—	450	580	490	530	520
Zahl der weiblichen Puppen		—	1	—	1	—	2	4	2	3	—
Gewicht in mg	Minimum	—	—	—	—	—	1550	825	720	985	—
	Mittel. .	—	965	—	1312	—	1550	950	1003	1038	—
	Maximum	—	—	—	—	—	1550	1210	1287	1125	—

Aus Larve II aufgezogen:

		bei 90—95 % relativer Luftfeuchtigkeit			bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit		
Temperatur in ° C		28	23	18,5	28	23	18,5
Zahl der männlichen Puppen . .		2	10	9	2	10	10
Gewicht in mg	Minimum	450	350	340	600	430	305
	Mittel	462	447	430	625	541	427
	Maximum	475	565	510	650	650	510
Zahl der weiblichen Puppen . .		2	2	5	1	11	9
Gewicht in mg	Minimum	800	900	835	—	710	750
	Mittel	810	1355	977	1850	1137	1010
	Maximum	820	1810	1315	—	1380	1530

Aus den beiden Übersichten scheint ein Einfluß der Temperatur auf das Puppengewicht insofern hervorzugehen, als die bei den höheren Temperaturen zwischen 23—28° C aufgezogenen Raupen im allgemeinen schwerere Puppen lieferten. Namentlich bei den weiblichen Puppen tritt dies deutlich in Erscheinung. Immerhin war die Gesamtzahl zur Verfügung stehender Puppen so gering, daß das Ergebnis einer Nachprüfung an größeren Materialmengen bedarf.

Die schwerste weibliche Puppe wurde bei 28° C und 100 % relativer Luftfeuchtigkeit erhalten. Sie war die einzige weibliche Puppe, die (nebst 2 ♂) bei dieser Temperatur aus 50 Ausgangsindividuen hervorging.

d) Eiablage und Durchschnittseizahl: Um Anhaltspunkte über die Durchschnittseizahl der ♀♀ zu erhalten, die auf umfangreicherem Beobachtungsmaterial fußen, wurden die aus einer Zimmerzucht (Durchschnittstemperatur 21° C; relative Luftfeuchtigkeit ca. 80—100 %; Futter Buchenlaub:) anfallenden weiblichen Falter eingehender studiert. Es gelang, in dieser Zucht, in der die Polyederkrankheit erst verhältnismäßig spät einsetzte, 190 Stück bis zum Imaginalstadium aufzuziehen.[1])

Von den geschlüpften ♀♀ hatten, wie durch direkte Beobachtung ermittelt wurde, 68 Stück kopuliert. Die Kopula erfolgt, wie das bereits von Eckstein (12) angegeben wird, kurz nach dem Schlüpfen der ♀♀, spätestens aber im Laufe des Schlüpftages. Die beiden Partner nehmen dabei in der Regel vertikale Stellung mit abgewendeten Köpfen ein. Stets setzt die Begattung bei Tage ein und währt bis zu 3 Stunden. Das weibliche

[1]) Hierunter befanden sich 102 ♂♂ und 78 ♀♀, was einem Geschlechterverhältnis von 1,3 : 1 entspricht. Ob dieses Geschlechterverhältnis das für die Art normale ist, oder ob es durch das Auftreten der Polyederseuche irgendwie beeinflußt wurde, muß einstweilen dahingestellt bleiben. Ich vermute, daß es durch die genannte Krankheit etwas zuungunsten der ♀♀ verschoben wurde, insofern, als die weiblichen Raupen unter denselben Temperaturbedingungen eine längere Entwicklungszeit benötigen als die männlichen. Damit ist ihre Ansteckungsgefahr gegenüber den letzteren vergrößert. In der einschlägigen Literatur, soweit mir dieselbe zugänglich war, liegen bislang keinerlei Angaben über das Geschlechterverhältnis von *L. dispar* vor.

Tier haftet dabei fest an der Unterlage (Baumrinde) und ist das obere der beiden Partner. Vielfach werden die Eier noch am Schlüpftage abgelegt, und zwar in unmittelbarer Nähe des Ortes, an dem die Kopula erfolgte.

Normalerweise wird von jedem befruchteten Weibchen nur ein Eihaufen abgelegt, zu dessen Produktion es (bei ca. 21° C) bis zu vier Tagen benötigt. Dabei wird der größere Teil der Eier schon am ersten Tage abgesetzt[1]), während die an den folgenden Tagen gezeugten Eimassen immer spärlicher werden. Diese Eihaufen werden gleichzeitig vom Beginn der Eiablage an mit dem bekannten Schwammüberzug bedeckt, der dem Tier seinen Vulgärnamen verschafft hat. Was die Zahl der Eier in den Haufen angeht, die sämtlich einzeln untersucht wurden, so schwankte sie zwischen 120 und 756 Stück. Im Mittel betrug sie 354 Stück. Ohne sich von dem abgelegten Eihaufen zu entfernen, sterben die ♀♀ kurz nach dessen Fertigstellung ab, und in derselben Haltung, die sie zum Schluß der Ablage einnahmen.

Die nach Beendigung der Eiablage vorgenommene Sektion der toten ♀♀ ließ erkennen, daß bei diesen häufig noch eine geringe Anzahl legereifer Eier in den Ovarien zurückbleibt. So fand ich bei meinem Material zwischen 0—20, im Mittel 2,3 legereife Eier in den Ovarien der verendeten ♀♀.

Wesentlich anders verhielten sich in den Versuchen die unbegatteten ♀♀. Regelmäßige Eiablagen fanden bei diesen nicht statt. Es werden zwar noch am Schlüpftage von unbegatteten ♀♀ Eier einzeln oder in kleineren unregelmäßigen Haufen abgestoßen. Auch bleibt der diese überziehende Schwammbelag spärlich und unregelmäßig. Die Gesamtlebensdauer der unbegatteten ♀♀ unterscheidet sich nicht merkbar von jener der begatteten, wie später noch gezeigt werden wird. Was die Zahl der in den Ovarien verendeter, unbegatteter ♀♀ zurückgebliebenen legereifen Eier anbetrifft, so schwankte sie bei den vorgenommenen Zählungen zwischen 119—618. Die Zahl der abgelegten Eier andererseits lag zwischen 0—252.

Um einen etwaigen Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Zahl der gezeugten Eier festzustellen, wurde, wie dies für die Tiere aus der Zimmerzucht angegeben worden ist, eine Untersuchung der abgelegten und der im Abdomen verbliebenen Eier bei jenen weiblichen Faltern vorgenommen, die während ihrer gesamten präimaginalen Entwicklung und ihrer imaginalen Lebensdauer unter konstanter Temperatur- und Luftfeuchtigkeit standen. In entsprechender Weise wurde ferner eine Untersuchung von weiblichen Faltern vorgenommen, die vom Stadium der Larve II an unter konstanten Temperaturluftfeuchtigkeitskombinationen aufgezogen worden waren.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in den beiden folgenden Tabellen niedergelegt. Eine Begattung der weiblichen Falter hatte hierbei nicht in allen Fällen stattgefunden, was mit dem Umstand zusammenhängt, daß nicht in allen Versuchen gleichzeitig eine entsprechende Anzahl von ♂♂ zum Vollzug der Begattung zur Verfügung stand. Durch dieses teilweise Ausbleiben der Kopula erklärt sich das starke Schwanken der Eizahl in den Rubriken „abgelegt“ und „legereif in den Ovarien“ verblieben.

[1]) Ähnlich auch Nüßlin (13) u. andere Autoren.

Zur Beurteilung des Einflusses von Temperatur und Luftfeuchtigkeit dürften daher nur die fett gedruckten Gesamteizahlen (= legereife Eier + abgelegte Eier) verglichen werden. Wird ein derartiger Vergleich an Hand der Tabelle durchgeführt, so scheint in der Tat eine Steigerung der Gesamtproduktion legereifer Eier mit zunehmender Temperatur vorzuliegen, doch ist das vorliegende Zahlenmaterial zu gering, um eindeutige Schlüsse zu gestatten. Seine Veröffentlichung ist lediglich als Unterlage für spätere Untersuchungen dieser Frage von anderer Seite gedacht.

	Relative Luftfeuchtigkeit %	Temperatur in °C	Zahl der ♀♀	Zahl der kopulierten	Legereife Eier in den Ovarien verendete ♀♀			Abgelegte Eier			Legereife und abgelegte Eier zusammen		
					Minimum	Mittel	Maximum	Minimum	Mittel	Maximum	Minimum	Mittel	Maximum
Aus Larve I aufgezogen	100	30	1	0	—	413	—	—	40	—	—	**453**	—
	100	23	3	3	1	11	21	202	237	281	214	**250**	289
	100	20	2	0	198	310	422	21	25	29	219	**335**	451
	100	18,5	3	0	119	127	141	72	102	129	213	**229**	250
	90—93	18,5	1	1	—	10	—	—	206	—	—	**216**	—
Aus Larve II aufgezogen	100	28	1	0	—	618	—	—	618	—	—	**618**	—
	90—93	28	2	1	6	64	122	144	194	244	250	**258**	266
	100	23	9	4	20	149	363	0	169	337	192	**323**	402
	90—93	23	2	1	0	283	566	0	175	351	351	**458**	566
	100	18,5	9	6	0	91	291	19	221	409	216	**324**	425
	90—93	18,5	4	4	0	19	68	177	238	269	178	**253**	337

V. Entwicklungsdauer der präimaginalen Stufen und Lebensdauer der Falter.

Die tägliche Kontrolle der Mortalitätsversuche bot gleichzeitig Gelegenheit, den Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklungsdauer bezw. die Lebensdauer der verschiedenen Stadien des Schwammspinners unter konstanten Verhältnissen zu studieren. In den folgenden Ausführungen sind die diesbezüglichen Beobachtungen niedergelegt. Es ist im Wesen der getroffenen Versuchsanordnung begründet, daß zu Beginn der Versuche, d. h. also für die jüngeren Entwicklungsstufen, zahlreichere Beobachtungen gemacht werden konnten als für die älteren Stufen und für das Imaginalstadium. Insofern sind — was ausdrücklich hervorgehoben sei — die mitgeteilten Daten über die Entwicklungsdauer unter konstanten Temperaturluftfeuchtigkeitsverhältnissen für die jüngeren Stadien besser fundiert als für die älteren.

a) Larve I: Über die Entwicklungsdauer der Larve I in ihrer Abhängigkeit von Temperatur und Luftfeuchtigkeit liegen insgesamt 457 Einzelbeobachtungen vor. Sie verteilen sich auf 9 Temperatur- und

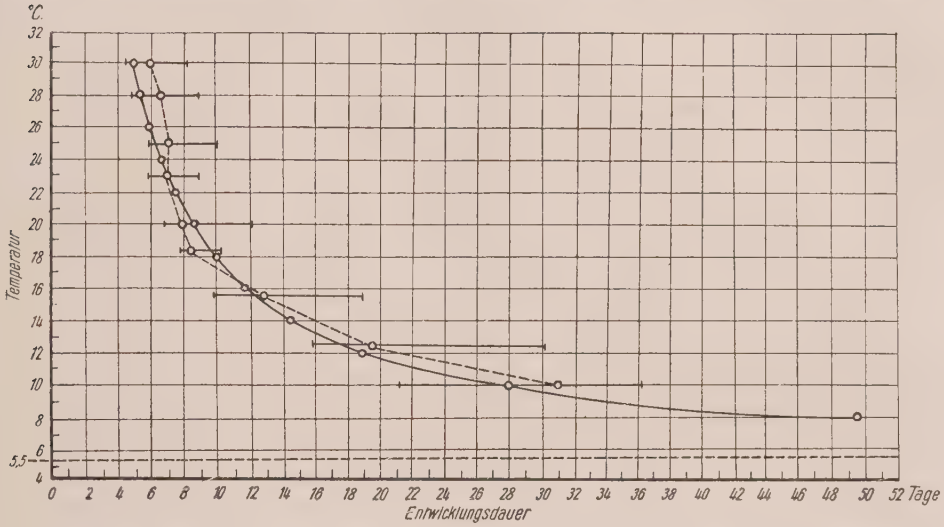


Abb. 3. Beobachtete Entwicklungsdauer der Larve I (gestrichelt) und theoretische Entwicklungsdauerhyperbel (ausgezogen), bei 100 % rel. Luftfeuchtigkeit und bei verschiedenen Temperaturstufen in Tagen.

2 Luftfeuchtigkeitsstufen. Die Ergebnisse sind als arithmetischer Mittelwert, Minimum und Maximum in den Diagrammen Abb. 3 u. 4 niedergelegt. In diesen lassen sich die Mittelwerte zwanglos durch eine Frei-

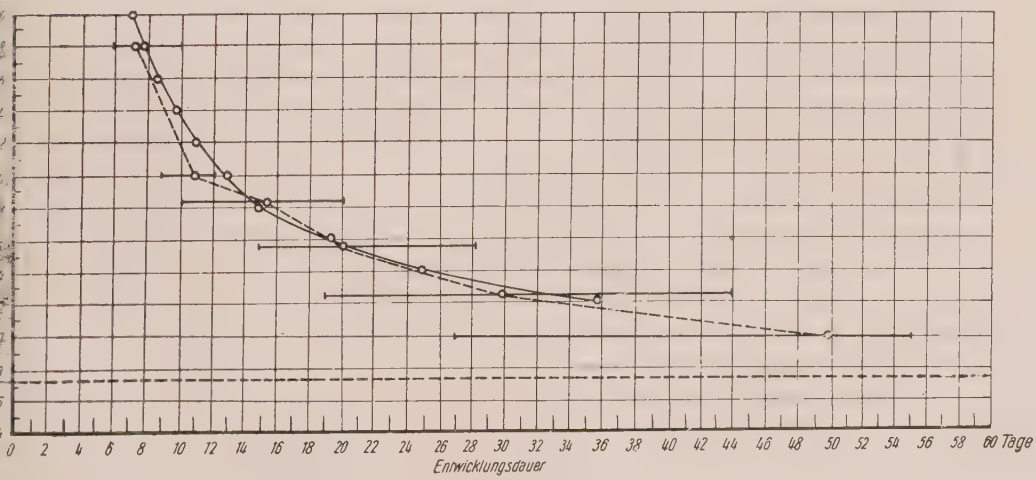


Abb. 4. Beobachtete Entwicklungsdauer der Larve I (gestrichelt) und theoretische Entwicklungsdauerhyperbel (ausgezogen), bei 90—93 % rel. Luftfeuchtigkeit und bei verschiedenen Temperaturstufen in Tagen.

handkurve verbinden. Die entwicklungsverzögernde Wirkung niederer Temperaturen auf das I. Stadium der Schwammspinnerraupen geht deutlich aus ihr hervor. Die zwanglose Verlängerung des einen Kurvenastes

würde auf einen Asymptotenwert von 7—8° C führen, der nach der herrschenden Auffassung als „Entwicklungsnullpunkt" anzusprechen wäre. Auf diesen soll weiter unten noch näher eingegangen werden. Die unterhalb dieser Temperatur bei 4,2° C gehaltenen Eiraupen, desgleichen Puppen, die einer ähnlich niederen Temperaturstufe (5° C) dauernd ausgesetzt waren, gingen sämtlich zugrunde.

Aus den mitgeteilten Daten ist deutlich zu ersehen, daß die Variationsbreite mit sinkender Temperatur zunimmt und bei der extrem niederen Temperatur von 10° C mit rund 15 Tagen (bei 100% Luftfeuchtigkeit) recht erhebliche Werte annimmt. Es ist dies die Bestätigung einer Erscheinung, die schon bei zahlreichen anderen Insekten wiederholt festgestellt werden konnte (vgl. Bodenheimer [6], Zwölfer [7] u. a.).

Vergleicht man endlich den Kurvenverlauf der Beobachtungen bei 100% relativer Luftfeuchtigkeit mit jenem bei 90—93% relativer Luftfeuchtigkeit, so zeigt sich eine entwicklungsverzögernde Wirkung bei verminderter Luftfeuchtigkeit, die mit sinkender Temperatur noch erheblich zunimmt[1]). So betragen in den Extremen die Entwicklungsdauerunterschiede der Mittelwerte in Tagen bei 28° C: 1 Tag, bei 10° C hingegen 19 Tage. Weitere Werte sind den Diagrammen zu entnehmen. Beeinflussung der Entwicklungsdauer durch Änderung der relativen Luftfeuchtigkeit wird von verschiedenen Autoren von ihren Untersuchungsobjekten berichtet, so beispielsweise von Pierce (14) für *Anthonomus grandis* Boh. und von Andersen (15) für die Eier von *Sitonia lineata* L.

Legt man Bluncks Wärmesummenregel, wie sie in der Formel $T.(t-t_0)=k$ zum Ausdruck kommt,[2]) den beobachteten Mittelwerten über

[1]) Anmerkung bei Korrektur: Die Frage, ob diese Verzögerung der Entwicklungsdauer durch verminderte Luftfeuchtigkeit im vorliegenden Fall auf einer ungünstigen Beeinflussung der Futterqualität beruht, also auf einer indirekten Wirkung, ist von Dr. Zwölfer nachgeprüft worden (vgl. hierzu Anmerkung S. 360). Er stellte mir darüber folgende Daten zur Verfügung:

Entwicklungsdauer von Larve I des Schwammspinners in Tagen bei 20,6° C und Weißbuchenblätternahrung:

	Min.	Mittel	Max.
bei 100% relativer Luftfeuchtigkeit	10	11,7	16
Futterblatt ohne Wasser	9	11,3	15
bei 75% relativer Luftfeuchtigkeit	14	19,4	27
Stiel des Futterblattes ohne Wasser	14	19,0	24
bei 75% relativer Luftfeuchtigkeit	11	13,6	17
Stiel des Futterblattes in Wasser	11	14,4	16

Hieraus geht einwandfrei hervor, daß auch bei dauernder Frischhaltung des Futters eine Verzögerung der Entwicklungsdauer mit fallender relativer Luftfeuchtigkeit eintritt (Kolonne 3 der Tabelle). Diese Entwicklungsverzögerung wird naturgemäß noch weiter verstärkt, wenn in den Versuchen keine Vorsorge für eine ständige Frischhaltung des zu verfütternden Blattes getroffen wird (vgl. Kolonne 2 der Tabelle).

[2]) T = Zeit; t = wirkende Temperatur; t_0 und k = 2 Konstanten („Entwicklungsnullpunkt" und „Thermalkonstante").

die Entwicklungsdauer der Larve I des Schwammspinners zugrunde, so erhält man als mathematischen Ausdruck für die Beziehung zwischen Entwicklungsdauer und Temperatur dieses Stadiums

1. bei 100% Luftfeuchtigkeit T (t—5,5) = 124.
2. bei 90—93% Luftfeuchtigkeit T (t—7,4) = 166.

Beide Formeln entsprechen im großen und ganzen recht gut den beobachteten Werten, wie dies aus den Diagrammen hervorgeht, in welchen neben den empirischen Entwicklungsdauerkurven auch die auf Grund der obigen Hyperbelgleichungen berechneten eingezeichnet sind. Lediglich für niedere Temperaturen ergeben sich größere Abweichungen des berechneten Wertes vom beobachteten. Zahlenmäßig geht diese Übereinstimmung im übrigen aus den beiden folgenden Tabellen hervor:

Entwicklungsdauer der Larve I bei 100% relativer Luftfeuchtigkeit in Tagen:

Temperatur in °C	10	12,5	15,5	18,5	20	23	25	28	30
beobachteter Mittelwert	31	19,5	13	8,5	8	7	7	6,5	6
berechnet auf Grund von Formel 1	28	17,7	12,4	9,5	8,5	7	6,3	5,5	5

Entwicklungsdauer der Larve I bei 90—93% relativer Luftfeuchtigkeit in Tagen:

Temperatur in °C	10	12,5	15,5	18,5	20	28
beobachteter Mittelwert	50	30	20	15	11	7,5
berechnet auf Grund von Formel 2	64	32,5	20,5	15	13	8

Auffallend sind die Unterschiede der beiden Konstanten in den beiden Formeln für die Entwicklungsdauer bei 100% relativer Luftfeuchtigkeit und jener bei 90—93% relativer Luftfeuchtigkeit. Sie sind Folge der Entwicklungsdauerunterschiede unter diesen verschiedenen Luftfeuchtigkeitsgraden bei ein und derselben Temperatur. Ob und welche theoretische Bedeutung den Differenzen zukommt, läßt sich mit den vorhandenen Unterlagen vorerst nicht entscheiden.

b) Larve I—V (VI): Die Weiterzüchtung der in den verschiedenen Temperaturluftfeuchtigkeitskombinationen anfallenden frisch gehäuteten Stadien jeweils bis zur nächsten Häutung gab Anhaltspunkte zur Beurteilung der Entwicklungsdauerabhängigkeit sämtlicher Larvenstufen. Der Übersichtlichkeit wegen sind die Ergebnisse als Mittelwerte in den Diagrammen Abb. 5 und 6 graphisch dargestellt.

Eine Schwierigkeit bei der Auswertung der Beobachtungsdaten liegt insofern vor, als ein Teil der Schwammspinnerraupen — wie das auch schon in der einschlägigen Literatur beschrieben ist — als Larve IV (also als Dreihäuter), ein Teil als Larve V (also als Vierhäter), einige wenige Tiere endlich als Larve VI (also als Fünfhäuter) sich verpuppten. Es frägt sich, ob die Entwicklungsdauer zweier Raupen des IV. Stadiums beispielsweise gleichwertig behandelt werden darf, wenn die eine sich unmittelbar nach dem IV. Stadium verpuppt, die andere hingegen noch eine weitere V. larvale Entwicklungsstufe durchläuft. Dies zu berücksichtigen, war im vorliegenden Fall aus technischen Gründen nicht möglich. Hierzu wäre

eine individuell gesonderte Aufzucht jeder einzelnen Raupe erforderlich gewesen, die nicht stattgefunden hat.

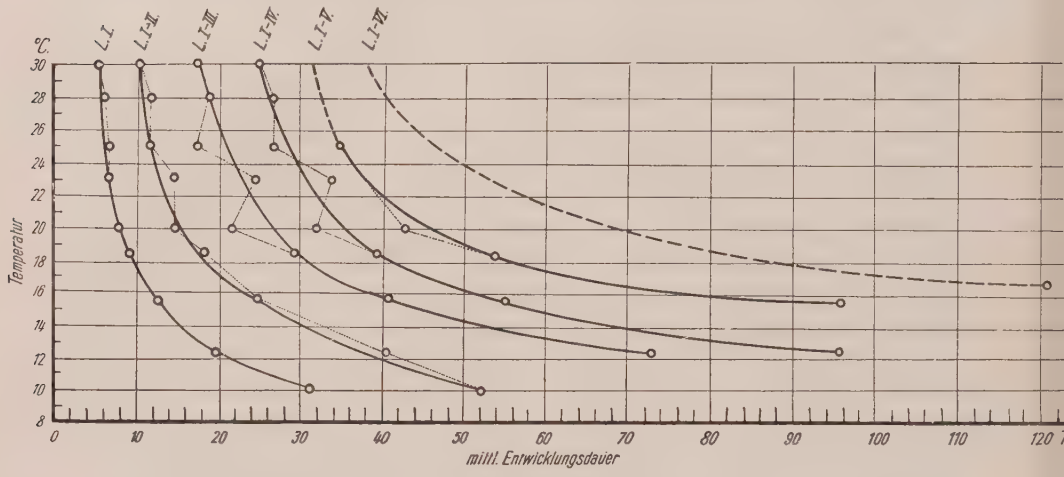


Abb. 5. Mittlere Entwicklungsdauer der verschiedenen Larvenstadien, bei 100 % rel. Luftfeuchtigkeit und bei verschiedenen Temperaturstufen in Tagen.

Vergleicht man die Entwicklungsdauer unter verschiedenen Temperaturen bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit, mit jener wie sie bei 90 – 93 % erzielt wurde, so zeigt sich, wie schon bei Larve I auch für Larve II und

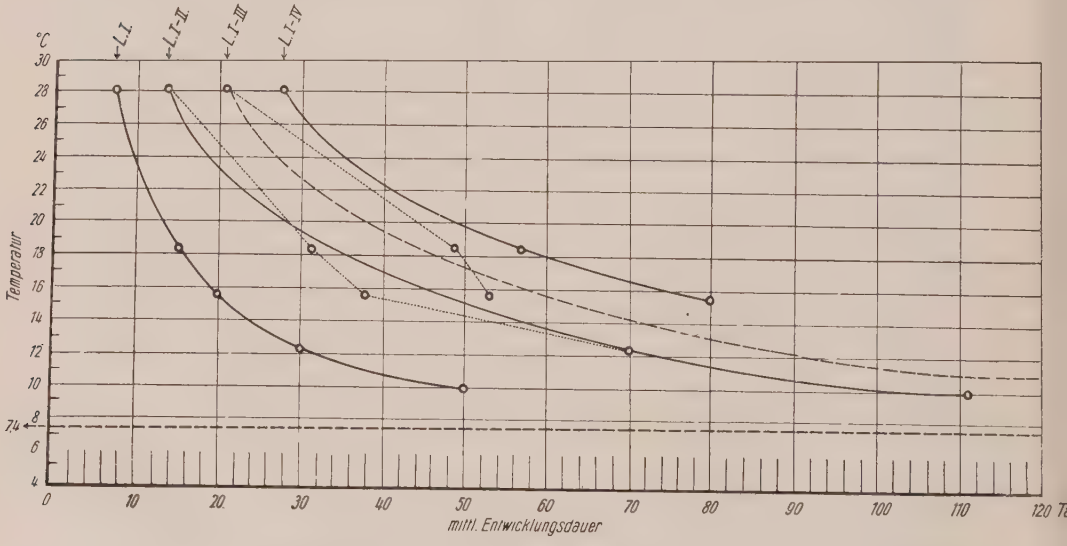


Abb. 6. Mittlere Entwicklungsdauer der verschiedenen Larvenstadien, bei 90—93 % rel. Luftfeuchtigkeit und bei verschiedenen Temperaturstufen in Tagen.

III eine deutliche entwicklungsverzögernde Wirkung der verminderten Luftfeuchtigkeit. Von Larve IV ab scheint dieses Verhältnis sich umzukehren. Doch ist diese Folgerung nicht ohne weiteres zulässig, da

für Larve IV—VI unter 90—93 % relativer Luftfeuchtigkeit insgesamt 10 Beobachtungen zur Verfügung stehen, für die Verhältnisse unter 100 % relativer Luftfeuchtigkeit hingegen 143.

c) Puppe: Die in den verschiedenen Temperaturluftfeuchtigkeitskombinationen aus den aus Larve I aufgezogenen Raupen hervorgehenden Puppen wurden zunächst nach den bekannten Merkmalen auf ihre Geschlechtszugehörigkeit hin untersucht und sodann unter derselben Kombination bis zum Schlüpfen des Falters aufbewahrt.

Dabei ergab sich zunächst, daß die männlichen Raupen fast durchweg eine kürzere Zeit bis zum Eintritt der Verpuppung brauchen als die weiblichen. Mit anderen Worten: die larvale Entwicklungsperiode der männlichen Raupe des Schwammspinners verläuft rascher als jene der weiblichen. So betrug die Gesamtentwicklungsdauer der männlichen Raupe bei 28° C und 100 % relativer Luftfeuchtigkeit im Mittel 34 Tage, jene der weiblichen unter denselben Bedingungen 35,5 Tage; für 23° C wurden auf der einen Seite 38 Tage, auf der anderen 42 Tage als Mittel der Gesamtentwicklungsdauer festgestellt.

Was die Zahl der Häutungen anbelangt, so wurde bereits darauf hingewiesen, daß sie zwischen 3—5 schwanken kann. Meist treten 3—4 Häutungen auf; eine 5. Häutung ist selten. Es scheint dabei, daß die männlichen Raupen bis sie zur Verpuppung schreiten, im allgemeinen weniger Häutungen durchlaufen als die weiblichen. Doch war mir eine einwandfreie Klärung dieser Frage, zu der eine isolierte Aufzucht der einzelnen Raupenindividuen erforderlich gewesen wäre, nicht möglich.

Im Gegensatz zu der vergleichsweise kürzeren Gesamtentwicklungsdauer, die die männliche Raupe beansprucht, währt ihre Puppenzeit relativ länger als jene der weiblichen Puppe. Dies trat sowohl bei den Versuchen, die unter 100 % relativer Luftfeuchtigkeit lagen, als auch bei jenen unter 90—93 % relativer Luftfeuchtigkeit deutlich in Erscheinung.

Biologisch wichtig ist ferner die Tatsache, daß sich beim Addieren von Raupen- und Puppenzeit für ♂♂ und ♀♀ unter denselben Temperaturluftfeuchtigkeitskombinationen annähernd dieselben Gesamtentwicklungszeiten ergeben. Die raschere larvale Entwicklung der ♂♂ wird durch längere Puppenentwicklung wiederum ausgeglichen. Es hängt hiermit zusammen, daß ♂♂ und ♀♀ in freier Natur gleichmäßig nebeneinander auftreten, ohne daß etwa wie bei vielen anderen Faltern, eine Protandrie besteht. Bei der relativ kurzen Lebensdauer der männlichen Falter, auf die weiter unten noch zurückgekommen werden wird, ist ein derartiges Verhalten notwendig.

Zwischen der Größe bezw. dem Gewicht der einzelnen Puppen (männlichen oder weiblichen Geschlechts) und der Entwicklungsdauer der Puppen scheint keinerlei Relation zu bestehen: Unter denselben Temperatur-

luftfeuchtigkeitsbedingungen zeigten bald kleinere bald größere Puppen derselben Geschlechtszugehörigkeit kürzere oder längere Entwicklungszeit.

Was im übrigen die Unterschiede der Entwicklungsdauer von Puppen einerlei Geschlechts unter verschiedenen Luftfeuchtigkeitsbedingungen anbetrifft, so ergaben sich bei den beiden benutzten Feuchtigkeitsstufen von 90 % und 100 % im Gegensatz zu den Befunden an der Larve, keinerlei deutliche Differenzen.

d) Lebensdauer der Imago: Über die Lebensdauer der Schwammspinnerfalter liegen in der Literatur nur spärliche Angaben vor. Eckstein (12)

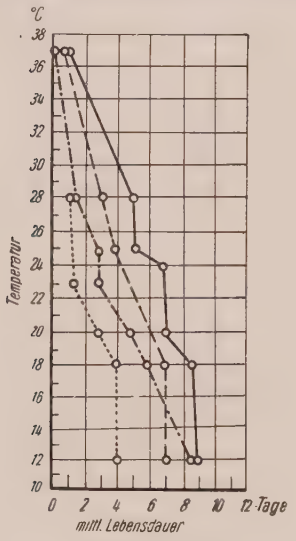


Abb. 7. Mittlere Lebensdauer von Männchen bei verschiedenen Temperatur- und rel. Luftfeuchtigkeitsstufen.
——— 100 %, — — — 70—75 %,
— • — • — 49—60 %,
····· 19 % rel. Luftfeuchtigkeit.

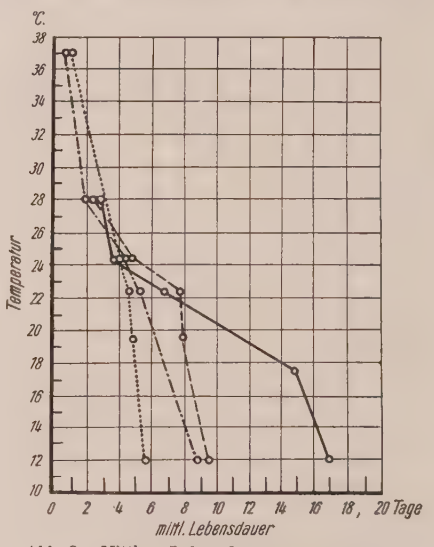


Abb. 8. Mittlere Lebensdauer von Weibchen bei verschiedenen Temperatur- und rel. Luftfeuchtigkeitsstufen.
——— 100 %, — — — 70—75 %,
— • — • — 49—60 %, ····· 28—35 % rel. Luftfeuchtigkeit.

berichtet, daß die ♂♂ 3—9, die ♀♀ hingegen 8—13 Tage leben. Über die dabei herrschenden Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse teilt der Genannte nichts näheres mit.

Um Anhaltspunkte über einen etwaigen Einfluß dieser beiden Faktoren zu gewinnen, wurde das Faltermaterial, das in einer Zimmermassenzucht anfiel, unmittelbar nach dem Schlüpfen auf 7 Temperaturstufen, die mit 5 verschiedenen relativen Luftfeuchtigkeitsgraden kombiniert worden waren, verteilt. Insgesamt fanden zu diesen Versuchen 89 ♂♂ und 49 ♀♀ in 35 Versuchskombinationen Verwendung.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in den Diagrammen Abb. 7 und 8 niedergelegt. Aus ihnen ist zu ersehen, daß sowohl Temperatur wie Luftfeuchtigkeit einen Einfluß auf die Lebensdauer der Falter beider Geschlechter ausüben, und zwar wirkt Erhöhung der Temperatur (bis

ca. 37° C) lebensverkürzend, Erniedrigung der Temperatur (bis 12° C) lebensverlängernd. Mit tieferen Temperaturen als 12° C wurden keine Versuche durchgeführt.

Was die Luftfeuchtigkeit angeht, so wurde die längste mittlere Lebensdauer stets bei 100% relativer Luftfeuchtigkeit erzielt. Bei ein und derselben Temperaturstufe nimmt sie mit fallender Luftfeuchtigkeit ab. Es ist dies eine Erscheinung, die vermutlich mit der verstärkten Verdunstung der Falter unter niederen Luftfeuchtigkeitsgraden bezw. erhöhter Temperatur zusammenhängt. Im übrigen weisen unter denselben Temperaturluftfeuchtigkeitkombinationen die weiblichen Falter stets eine längere Lebensdauer auf als die männlichen, wie das auch schon aus Ecksteins Angaben hervorgeht. Als längste Lebensdauer wurde beim ♂ bei 12° und 100% relativer Luftfeuchtigkeit 6 Tage, beim ♀ unter denselben Bedingungen 17 Tage festgestellt.

Zwischen begatteten und unbegatteten Tieren ergaben sich keinerlei auffallendere Unterschiede der Lebensdauer, eine Erscheinung, wie sie ähnlich von Zwölfer (7) für die Kieferneule beschrieben wird.

e) Über die Gesamtentwicklungs- und Lebensdauer und den sogenannten „Entwicklungsnullpunkt“: Im vorigen Abschnitt ist die Lebensdauer solcher Falter unter verschiedenen Temperaturluftfeuchtigkeitsbedingungen besprochen worden, die ihre larvale- und ihre Puppenperiode unter den relativ günstigen Verhältnissen einer Zimmerzucht verbrachten. Sie waren als Ergänzung und zugleich als Kontrolle jener Lebensdauer-

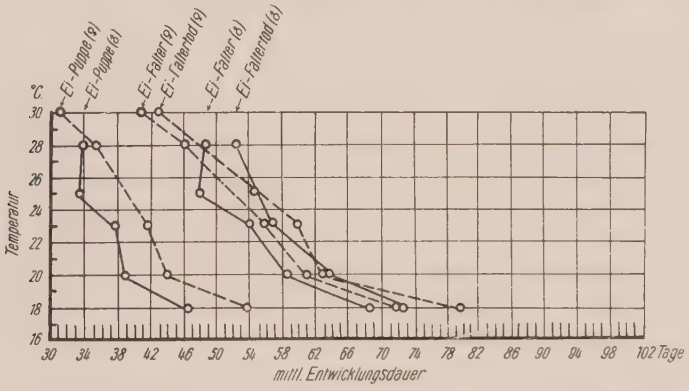


Abb. 9. Mittlere Entwicklungsdauer der männlichen und weiblichen Larven, Puppen und Lebensdauer der Falter bei 100% rel. Luftfeuchtigkeit und bei verschiedenen Temperaturstufen in Tagen.

versuche mit der Imago gedacht, die ich in Fortsetzung meiner früher besprochenen Versuchsreihen mit Eiraupen bis zum Schlüpfen des Falters unter künstlich fixierten Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen ausführte. Für diese Falter, die somit während ihrer ganzen voraufgehenden Lebensperiode bereits bestimmten, teils günstigen, teils ungünstigen Bedingungen ausgesetzt waren, ergaben sich fast durchweg kürzere Lebens-

dauerwerte als für jene, die ihre voraufgehende Lebenszeit in einer Zimmerzucht verbrachten. Lediglich bei einer Temperatur von 25° C und 100% relativer Luftfeuchtigkeit herrschte annähernd Übereinstimmung der Lebensdauer. Diese überwiegende Verkürzung der Lebensdauer dürfte eine Folge ungünstiger Temperatur- und vielleicht auch Feuchtigkeitseinflüsse sein, die bei Individuen, die schon während ihrer gesamten larvalen Entwicklung ihnen ausgesetzt waren, naturgemäß stärker in Erscheinung treten muß als bei solchen, die nur eine relativ kurze Zeitspanne ihres Gesamtlebens unter diesen Einflüssen verbrachten.

Im einzelnen sind die Lebensdauerwerte für diese Falter, die den Zuchten unter künstlich fixierten Temperaturfeuchtigkeitsbedingungen entstammten, in Abb. 9 mit aufgenommen. Sie enthält zugleich die Entwicklungsdauer für männliche und weibliche Raupen sowie Puppen. Das Diagramm gibt somit einen Überblick über die gesamte Entwicklungs- und Lebensdauer des Schwammspinners, [1]) wie sie bei Einwirkung konstanter Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse festgestellt werden konnte. Von einer freien kurvenmäßigen Auswertung der erhaltenen Punkte wurde in diesem Fall Abstand genommen, da sich bei den gefundenen Werten erhebliche Unregelmäßigkeiten zeigten, die wahrscheinlich durch die geringe Anzahl von Puppen und Faltern bedingt sind.

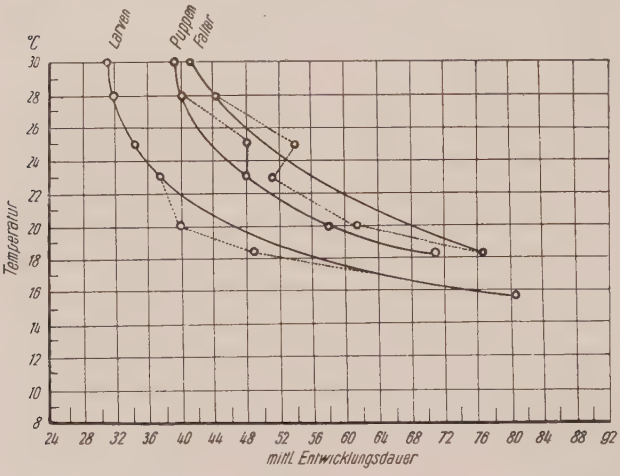


Abb. 10. Mittlere Entwicklungsdauer der Larven, Puppen und Lebensdauer der Falter vom Schlüpfen des Eies an gerechnet (bei 100% rel. Luftfeuchtigkeit und bei verschiedenen Temperaturstufen).

Läßt man die verschiedenartige Entwicklungs- und Lebensdauer der beiden Geschlechter außer Betracht und faßt man die Ergebnisse für sämtliche Larven, Puppen und Falter zusammen, so ergibt sich ein Bild der Gesamtentwicklungs- und Lebensdauer in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur, wie es in Abb. 10 dargestellt ist.

Unter Zugrundelegung dieser Beobachtungen und der neuerdings für den „Entwicklungsnullpunkt“ geltenden Definition (vgl Bodenheimer [6]), derzufolge er durch jene Grenztemperatur repräsentiert wird, bei der eine Entwicklung bis zum Imaginalstadium möglich ist, müßte eine

[1]) Mit Ausnahme der embryonalen Eientwicklung.

zwischen 15,5° und 18,5° C liegende Temperaturgrenze als Entwicklungsnullpunkt des Schwammspinners angesprochen werden.

Die rechnerische Auswertung des gut fundierten Beobachtungsmaterials über die Entwicklungsdauer von Larve I — es umfaßt insgesamt 383 Einzelbeobachtungen — hatte andererseits einen Entwicklungsnullpunkt von 5,5° C ergeben (bei 100% relativer Luftfeuchtigkeit).

Die erhebliche Differenz, die zwischen diesem rechnerisch auf Grund zahlreicher Beobachtungen ermittelten „Nullpunktwert" und dem obigen auf empirischem Wege gefundenen besteht, auf Mängel der Versuchstechnik zurückzuführen, scheint kaum angängig. Vielmehr dürfte es sich hier um eine Erscheinung von grundsätzlicher Bedeutung handeln, deren Klärung allerdings noch weiterer Untersuchungen bedarf. Da die empirisch festgestellte Temperaturgrenze nach der neuerdings gegebenen Difinition des Entwicklungsnullpunktes praktisch als solche in Frage kommt, scheint es angebracht, sie als „praktischen Entwicklungsnullpunkt" dem „theoretischen Entwicklungsnullpunkt" gegenüberzustellen. Die Bestimmung eines Entwicklungsnullpunktes auf Grund der Beobachtungen an einem einzigen Entwicklungsstadium einer Art lassen nach meiner Überzeugung noch keinen Schluß über dessen „praktischen" Entwicklungsnullpunkt zu. Hierzu sind vielmehr Versuche anzulegen, die sich über die gesamte Entwicklungszeit der betreffenden Art erstrecken, wie das in den vorstehenden Abschnitten näher ausgeführt worden ist.

VI. Lebensdauer hungernder Larven.

Über die Hungerfähigkeit der Schwammspinnerraupen und ihre Abhängigkeit von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbedingungen liegen bislang keinerlei Beobachtungen vor.[1]) Ihre Kenntnis ist insofern bedeutungsvoll als sie bei der Eiraupe beispielsweise gestattet, die Sterblichkeit dieses Stadiums bei verfrühtem Schlüpfen infolge besonderer Witterungsverhältnisse zu beurteilen. Die Kenntnis der Hungerfähigkeit der älteren Larvenstadien unter bestimmten Temperatur- und Luftfeuchtigkeitskombinationen ist für den Fall des Zustandekommens eines Kahlfraßes wichtig. Ist noch die Wanderfähigkeit dieser Stadien unter den betreffenden Witterungs-

[1]) Forbush and Fernald (10) berichten über die Lebensdauer hungernder Raupen des I. bis einschließlich IV. Stadiums bei „normaler" Temperatur, ohne diesen letzteren Begriff näher zu kennzeichnen. Vermutlich haben sie hierunter Zimmertemperatur, also eine Stufe von 18—20° C verstanden. Für das I. und II. Stadium fanden sie unter diesen Bedingungen eine mittlere Lebensdauer von 4 Tagen, für das III. Stadium eine solche von 5: Larve IV endlich vermag nach ihren Beobachtungen im Maximum bis zu 9 Tagen zu leben. Lodi (zitiert nach Forbush und Fernald) soll 1789 festgestellt haben, daß Raupen des Schwammspinners in Europa bis zu 27 Tagen, ohne Schaden zu nehmen, zu hungern vermögen. Diese letzte Zahl scheint mir etwas hoch gegriffen. Immerhin ist es möglich, daß sie sich nur auf ältere Raupenstadien bezieht, mit denen ich keinerlei diesbezügliche Versuche machte.

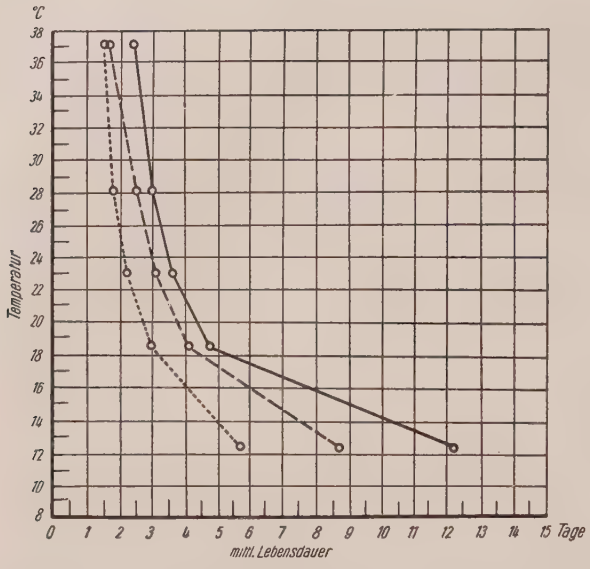


Abb. 11.
Mittlere Lebensdauer frisch geschlüpfter Eiraupen im Hungerversuch. ——— bei 100 % rel. Luftfeuchtigkeit, — — — 70—75 % rel. Luftfeuchtigkeit, ····· 19 % rel. Luftfeuchtigkeit.

kombinationen bekannt, dann wäre theoretisch die Möglichkeit gegeben, festzustellen, welche Strecken diese Larven bis zum Auffinden einer neuen Nahrungsquelle zurückzulegen vermögen.

Die im vorliegenden mitgeteilten Versuchsergebnisse bilden einen Beitrag zur Klärung dieser Fragen. Durchgeführt wurden zunächst Versuche mit hungernden Eiraupen, die — jeweils zu 50 Stück — unmittelbar nach dem Schlüpfen 15 verschiedenen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitskombinationen ausgesetzt und täglich überprüft worden sind.

In einer zweiten und dritten Versuchsreihe wurden ferner frisch gehäutete Larven des II. und III. Stadiums bei 5 verschiedenen Temperaturstufen und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 70—75 % auf ihre Hungerfähigkeit hin untersucht. Auch hierbei fanden für jede Temperaturluftfeuchtigkeitskombination 50 Versuchstiere Verwendung.

Abb. 11 gibt die Ergebnisse der Hungerversuche mit frisch geschlüpften Eiraupen wieder. Aus derselben geht deutlich hervor, daß innerhalb eines Temperaturbereichs von 12,5—37 ° C abnehmende Temperatur lebensverlängernd wirkt und umgekehrt. Hinsichtlich der Feuchtigkeit wiesen in allen Versuchen die unter 100 % relativer Luftfeuchtigkeit gehaltenen Versuchstiere die längste Lebensdauer auf. Mit abnehmender relativer Luftfeuchtigkeit war eine stete Abnahme der Lebensdauer hungernder Eiraupen festzustellen. Die längste mittlere beobachtete Lebensdauer war im übrigen

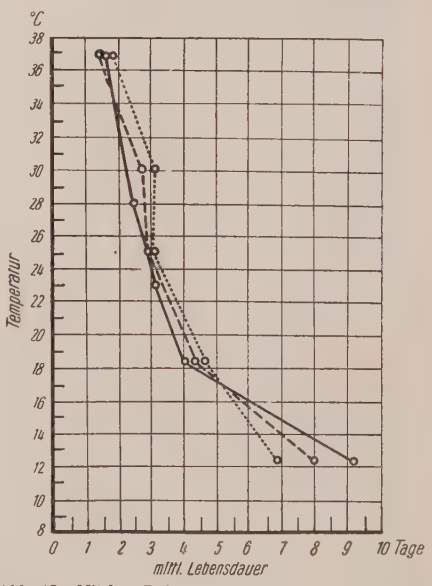


Abb. 12. Mittlere Lebensdauer der Larve I: ———, II: — — —, III: ·····, bei 70—75 % rel. Luftfeuchtigkeit und bei verschiedenen Temperaturstufen, im Hungerversuch.

bei 12,5° C und 100% relativer Luftfeuchtigkeit mit 12,3 Tagen beobachtet worden; die maximale Lebensdauer überhaupt ebenfalls unter dieser Kombination mit insgesamt 16 Tagen.

Die Ergebnisse der zweiten Hungerversuchsserie, die die Lebensdauer hungernder Larven des II. und III. Stadiums bei 75% relativer Luftfeuchtigkeit und verschiedenen Temperaturen zum Gegenstand hatte, sind in Abb. 12 enthalten. Verglichen mit der Hungerfähigkeit der Larve I bei 75% relativer Luftfeuchtigkeit und verschiedenen Temperaturen zeigen sich keine nennenswerten Unterschiede in der Lebensdauer dieser drei Stadien. Deutlich kommt dies im Diagramm zum Ausdruck, in welchem die entsprechenden Daten für Larve I, II und III zusammengestellt sind. Im übrigen wächst auch für Larve II und III innerhalb des Temperaturbereichs von 37—12,5° C die Lebensdauer hungernder Tiere mit fallender Temperatur und umgekehrt.

Zusammenfassung.

1. Das Überlebensoptimum für die Embryonalentwicklung des Eies von *P. dispar* liegt bei 18° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 80%. Die obere fatale Temperaturgrenze ist oberhalb 30° C gelegen, die untere unterhalb 6° C.
2. Das Überlebensoptimum für Larve I liegt bei 18° C. Hinsichtlich der optimalen Feuchtigkeitsverhältnisse sind die Ergebnisse unsicher. Als gesichert darf angenommen werden, daß 100% relative Luftfeuchtigkeit die Larvenentwicklung begünstigt. Unter dieser Feuchtigkeitsstufe liegt für Larve I die obere letale Temperaturgrenze oberhalb 30° C, die untere zwischen 4—10° C.
3. Das Überlebensoptimum für Larve II liegt unter 100% relativer Luftfeuchtigkeit zwischen 18—23° C. Der Bereich günstiger Entwicklungsbedingungen (10% Mortalitätsgrenze) ist für dieses Stadium vergleichsweise größer wie für Larve I.
4. Der Bereich günstiger Entwicklungsbedingungen liegt für die Puppe zwischen 18—28° C. Sie ist auch gegen geringe Luftfeuchtigkeitsgrade sehr widerstandsfähig. Die obere fatale Temperaturgrenze befindet sich bei diesem Stadium zwischen 37—38,5° C, die untere zwischen 5—12° C.
5. Bei Aufzucht der Raupen unter verschiedenen Temperaturen scheint das Gewicht weiblicher Puppen, die daraus hervorgehen, und ebenso die Durchschnittseiproduktion der schlüpfenden Falter mit steigender Temperatur eine Zunahme zu erfahren.
6. Die Temperaturabhängigkeit der Entwicklungsdauer von Larve I (bei 100% relativer Luftfeuchtigkeit) läßt sich durch die Hyperbelfunktion $T.(t-5{,}5) = 124$ wiedergeben. Für Feuchtigkeitswerte kleiner als 100% tritt Verzögerung der Entwicklungsdauer ein.

7. Die larvale Entwicklungsperiode der Schwammspinnermännchen verläuft rascher als jene der Weibchen. Für die Puppe liegen die Verhältnisse umgekehrt.
8. Steigende Temperatur und fallende relative Luftfeuchtigkeit wirken lebensverkürzend auf das Imaginalstadium.
9. Steigende Temperatur und fallende relative Luftfeuchtigkeit wirken lebensverkürzend bei hungernden Eiraupen. Die Hungerfähigkeit von Larve I, Larve II und Larve III, ausgedrückt in Tagen Lebensdauer ist bei 75% relativer Luftfeuchtigkeit unter verschiedenen Temperaturstufen annähernd gleich.

Literatur.

1. Forbush, F., and Fernald, C., The Gipsy moth. Boston 1896.
2. Burgess, A. F., and Crossman, S. S., Imported insect enemies of the Gipsy moth and the Brown-tail moth. U. S. Dep. Agr. Washington. Techn. Bull. Nr. 86, 1929.
3. Summers, J., Effect of law Temperatur on the hatching of Gipsy moth eggs. Unit. Stat. Depart. of agr. Bull. Nr. 1080. Washington, D. C. 1922.
4. Stschelkonovzeff, J. P., Summer and winter observations on insects in the forests of the Voronezh Agricultural Institute. Notes of the Voronezh Agric. Inst. Voronezh 1926. (Original russisch.) Zit. nach Rev. App. Ent.
5. Shelford, V. E., Methods for the experimental study of the relations of Insects to weather. Journ. Ec. Entom. Vol. 19, 1926, S. 251—261.
   — — The relation of abundance of parasites to weather conditions. Ebenda S. 283—289.
   — — An experimental investigation of the relations of the codling moth to weather and climate. Bull. III. St. Nat. Hist. Surv. 16, 1927, S. 311—440.
   — — Laboratory and field ecology. London 1929.
6. Bodenheimer, Fr., Über die Voraussage der Generationszahl von Insekten. III. Die Bedeutung des Klimas für die landwirtschaftliche Entomologie. Zeitschr. f. ang. Entom. Bd. 12, 1926, S. 91—122.
   — — Welche Faktoren regulieren die Individuenzahl einer Insektenart in der Natur. Biol. Centralbl. Bd. 48, 1928, S. 714—739.
   — — und Mitarbeiter, Epidemiologische, ökologische und physiologische Studien über die afrikanische Wanderheuschrecke, *Schistocerca gregaria* Forsk. Zeitschr. f. ang Entom. Bd. 15, 1929, S. 435—537.
   — — Über die Grundlage einer allgemeinen Epidemiologie der Insektenkalamitäten. Zeitschr. f. ang. Entom. Bd. 16, 1930, S. 433—450.
   — — Die Schädlingsfauna Palästinas. Berlin 1930.
   — — Der Massenwechsel im Tierreich. Forschungen und Fortschritte. Berlin 1931, Bd. 7, S. 10.
7. Zwölfer, W., Studien zur Ökologie und Epidemiologie der Insekten. I. Die Kieferneule, *Panolis flammea* Schiff. Zeitschr. f. ang. Entom. Bd. 17, 1931, S. 475—662.
   — — Ein verbesserter Williamscher Brückenthermostat. Anz. f. Schädlingsk. 1931.
8. Bolle, J., Die Bedingungen für das Gedeihen der Seidenzucht und deren volkswirtschaftliche Bedeutung. Flugschr. d. Dtsch. Ges. f. ang. Entom. Nr. 4, Berlin 1916.
9. Escherich, K., Die angewandte Entomologie in den Vereinigten Staaten. Berlin 1913.
10. Janisch, E., Über die Grundbegriffe bei der Kausalanalyse der Insektenvermehrung. Anz. f. Schädlingsk. Heft 6, 1931.
11. Berwig, W., und Lehner, Der Eulenfraß 1923/24 und seine Folgen in der fürstlich Hohenzollernschen Oberförsterei Griesel (Neumark). Allg. Forst- u. Jagdztg. 105, 1926, S. 416—428.

12. Eckstein, K., Die Schmetterlinge Deutschlands mit besonderer Berücksichtigung der Biologie Bd. II. Stuttgart 1915.
13. Nüßlin-Rhumbler, Forstinsektenkunde. Vierte Aufl. Berlin 1927.
13a. Judeich, J. F., und Nitsche, H., Lehrbuch der mitteleuropäischen Forstinsektenkunde Bd. I und II. Wien 1895.
13b. Heymons, R., Europäische Insektenschädlinge in Nordamerika und ihre Bekämpfung. Naturw. Zeitschr. f. Forst- u. Landw. 1908.
13c. Reh, L., Tierische Schädlinge an Nutzpflanzen. I. Teil. In: Handbuch der Pflanzenkrankheiten Bd. IV, 4. Aufl. Berlin 1925.
14. Pierce, W. D., A new interpretation of the relationship of Temperatur and humidity to insect development. Journ. agr. Res. 5, 1916, S. 1183—1191.
15. Andersen, K. Th., Der linierte Graurüßler oder Blattrandkäfer (*Sitona lineata* L.). Monographien zum Pflanzenschutz. Berlin 1931.

Untersuchungen über Obstbaumkarbolineen.

Von

Ferd. Beran und **O. Watzl.**

(Aus dem chemischen und zoologischen Laboratorium der Bundesanstalt für Pflanzenschutz in Wien.)

(Mit 11 Abbildungen.)

Die vorliegende Arbeit ist ein Versuch, die Wirksamkeit der verschiedenen Sorten von Obstbaumkarbolineum aus der chemischen Zusammensetzung und physikalischen Beschaffenheit zu erklären und darauf eine Stellungnahme zu den Fragen der „Normierung", Erprobung bezw. Begutachtung und ständigen „Kontrolle" zu gründen.

1. Chemischer Teil.

Von **Ferdinand Beran.**

Obwohl Obstbaumkarbolineum schon seit etwa 30 Jahren im Pflanzenschutz Verwendung findet, gibt es doch noch eine Obstbaumkarbolineumfrage. Wohl ist es gelungen, allerdings nur auf dem Wege der Empirie, gut brauchbare Obstbaumkarbolineen zu erzeugen, doch größer ist die Zahl der jährlich zur Erprobung gelangenden und als nicht brauchbar abzulehnenden Fabrikate. Daher wurden von Molz (1), Houben und Hilgendorff (2) und in jüngster Zeit von Profft und Götze (3) sowie von Axel Lindblom und Knut Sjöberg (4) Untersuchungen angestellt, mit dem Endzweck, die Wirkung der wichtigsten Bestandteile der Karbolineen auf Pflanze und Schädling klar zu legen. Auch bei vorliegender Arbeit handelt es sich letzten Endes darum, zu untersuchen, innerhalb welcher Grenzen sich die chemische Zusammensetzung der Karbolineen bewegen soll und unter welchen physikalischen Bedingungen ein geeignet zusammengesetztes Produkt die optimale Wirksamkeit entfaltet, wobei es möglich sein sollte, mit einfachen chemischen und physikalischen Mitteln, eventuell auch durch physiologische Erprobung im Laboratorium, in kürzester Zeit festzustellen, ob ein solches geeignetes Fabrikat vorliegt, ohne daß langwierige, an bestimmte Vegetationsperioden gebundene Versuche notwendig sind.

Die Lösung dieser Aufgaben begegnet vor allem zwei großen Schwierigkeiten.

Die erste Schwierigkeit liegt in dem überaus komplizierten Chemismus der angewandten Rohstoffe und die zweite in der Unmöglichkeit, die notwendige Konzentration bezw. Verdünnung in einer echten wässerigen Lösung anzuwenden, weil eben die Teeröle wasserunlöslich sind.

Die genaue chemische Zusammensetzung des Karbolineums kann analytisch nicht ermittelt werden, da es unmöglich ist, diese Vielzahl von Stoffen zu trennen. Im Rahmen einer technischen Analyse müssen wir uns überhaupt darauf beschränken, die drei Hauptklassen von Stoffen, die Neutralkörper, die Basen sowie die sauren Bestandteile voneinander zu trennen und zu bestimmen. Ferner können wir den Siedeverlauf der Öle feststellen, der uns darüber Aufschluß gibt, ob leichte oder schwere Kohlenwasserstoffe überwiegen.

Unsere Versuche wurden mit den genannten Untersuchungen an 13 verschiedenen Karbolineenmarken eingeleitet. Außerdem wurde noch das spezifische Gewicht bestimmt und der Wassergehalt ermittelt. Folgende Fabrikate wurden bei den Versuchen verwendet:

Karbolineum	Erzeuger
1. Bol K,	Ölindustrie Wien, jetzt Ing. Busetti, Wien,
2. Carbokrimp, N. V.,	Utrechtsche Asphaltfabrik, Utrecht,
3. Dendrin,	Karbolineumfabrik R. Avenarius, Amstetten,
4. Evalol,	Chemische Fabrik Krawany, Bodenbach,
5. H,	nicht im Handel,
6. K I,	nicht im Handel,
7. K II,	nicht im Handel,
8. Lohsol,	Teerag, Wien,
9. Mainz,	Kwizda, Korneuburg bei Wien,
10. Neo-Dendrin,	Karbolineumfabrik R. Avenarius, Amstetten,
11. Novocarbo,	Vereinigte Chem. Fabr. Kreidl, Heller & Co., Wien,
12. Plantasan,	Oderberg,
13. S,	nicht im Handel.

Die Bestimmung der Kohlenwasserstoffe, Phenolstoffe und Basen erfolgte nach der von Houben (5) empfohlenen Methode. Nach Ermittlung des Gehaltes an Kohlenwasserstoffen, Phenolen und Basen wurden diese drei Stoffgruppen vereinigt und zur Bestimmung des Siedeverlaufes destilliert. Bemerkt sei, daß die Destillation des Karbolineums selbst, unexakte Resultate ergibt, da Emulgator und Wasser die Destillation mehr oder minder stören und dadurch unrichtige Siedekurven resultieren. Bei manchen Karbolineen erlaubt das starke Schäumen überhaupt nicht die Destillation vor Eliminierung des Emulgators sowie des Wassers. Im übrigen ist ja der Siedeverlauf der Öle, unabhängig von den Beistoffen, für die Beurteilung des Karbolineums als Insektizid von Interesse.

Den Wassergehalt bestimmte ich volumetrisch durch Destillation des Karbolineums bis etwa 170°, wobei ich nicht, wie Houben (2) empfiehlt, erst dem Destillate einige Kubikzentimeter Xylol zusetzte, sondern dieses, ebenso wie Weichherz (6), schon vor der Destillation dem Karbolineum beigab.

Das spezifische Gewicht wurde mit Hilfe eines Aräometers bestimmt.

In Tabelle I sind die Analysenergebnisse wiedergegeben:

Tabelle I.

Lfde. Nr.	Karbolineum-marken	Spezifisches Gewicht	Wassergehalt	Neutrale Kohlenwasserstoffe	Phenole	Organische Basen	Siedeverlauf in Prozenten					
		in Prozenten					bis 170°	bis 220°	bis 270°	über 270°	220°–270° destilliert, berechnet auf Gesamtkarbolineum	über 270° destilliert, berechnet auf Gesamtkarbolineum
1.	Bol K . . .	0,95	10,5	70,0	3,0	1,3	7,1	8,2	29,7	55,0	22,07	40,86
2.	Carbocrimp .	1,05	6,8	71,0	5,0	3,8	8,2	14,5	30,0	47,3	23,94	37,75
3.	Dendrin . .	1,00	6,0	67,0	12,8	4,0	9,9	24,1	27,9	38,1	23,38	31,93
4.	Evalol . . .	1,05	27,0	46,4	1,6	4,2	2,4	16,4	32,6	48,6	17,02	25,37
5.	H.	1,00	8,1	79,6	10,0	2,6	20,0	43,7	22,8	13,5	21,02	12,45
6.	K I	1,04	6,0	53,9	11,0	4,0	25,3	26,6	23,1	25,0	15,91	17,23
7.	K II . . .	1,04	16,0	53,8	13,4	2,8	15,0	30,0	20,0	35,0	14,00	24,50
8.	Lohsol . . .	1,05	11,5	56,0	10,4	2,6	15,2	19,5	30,6	34,7	21,11	23,94
9.	Mainz . . .	1,07	8,2	51,0	8,7	1,5	7,8	15,2	62,0	15,0	37,94	9,18
10.	Neo-Dendrin .	1,05	4,6	80,0	4,5	3,8	3,3	6,0	18,0	72,7	15,89	64,19
11.	Novocarbo .	1,06	9,3	72,0	5,0	4,9	6,6	21,0	38,1	34,3	31,20	28,09
12.	Plantasan . .	1,05	25,0	46,0	3,0	3,8	15,5	20,0	21,0	43,5	11,09	22,97
13.	S.	1,00	17,9	72,0	4,0	0,8	bis 180° alles überdestilliert					

Außer diesen angeführten Analysen wurden die alljährlich für die Versuche der Bundesanstalt für Pflanzenschutz gelieferten Proben der oben genannten Karbolineummarken der beschriebenen chemischen und physikalischen Untersuchung unterzogen, wobei manche Fabrikate ziemliche Konstanz in ihrer Zusammensetzung zeigten; es handelte sich in diesen Fällen immer um „fertige“ Fabrikate, d. h. um Karbolineen, die schon seit Jahren erprobt und als einwandfrei befunden worden sind, so daß jede Änderung in der Zusammensetzung oder Herstellungsweise vom Erzeuger vermieden wurde. Anderseits gibt es Erzeugnisse, die wegen ihrer ungenügenden Wirkung immer wieder in ihrer Zusammensetzung und physikalischen Beschaffenheit geändert werden mußten, so daß die Analysen der Proben verschiedener Lieferungen solcher Präparate nie übereinstimmende Ergebnisse zeigten.

Die Besprechung der obigen Analysenergebnisse erfolgt im 3. Teil dieser Arbeit.

Was die Untersuchung der Emulsion der Karbolineen betrifft, wurde zunächst ihre Haltbarkeit geprüft. Eine Untersuchung der Emulsion im Nephelometer, wie sie Houben und Hilgendorff (2) empfehlen, ist bei den praktisch in Betracht kommenden Konzentrationen nicht möglich, da nur Karbolineumemulsionen bei stärkerer Verdünnung im Nephelometer beobachtet werden können. Diesbezügliche Versuche an 10prozent. und auch 5prozent. Emulsionen mit einem Leitz-Instrument durchgeführt, verliefen aus diesem Grunde negativ.

Die Untersuchung wurde daher in der üblichen Weise mit 10prozent. Emulsionen in verschlossenen hohen Standzylindern durchgeführt; es handelt sich dabei darum, festzustellen, ob sich eine Karbolineumemulsion 2—3 Tage nach ihrer Bereitung sichtlich ändert und ob sie nach Ablauf dieser Zeit noch verwendbar ist.

Die einzelnen Präparate verhielten sich wie folgt:

Tabelle II.

Karbolineummarken	10prozent. Emulsion mit destilliertem Wasser
1. Bol-K	Nach 50 Stunden minimale Ölspuren abgeschieden.
2. Carbocrimp	Nach 72 Stunden unverändert.
3. Dendrin	Nach 72 Stunden unverändert.
4. Evalol	Nach 12 Stunden spezifisch schwere Öle abgeschieden (10%).
5. H	Nach 1 Stunde Rahmbildung. Nach 24 Stunden starke Entmischungserscheinungen.
6. K I	Mit destilliertem Wasser Emulsion nach 24 Stunden zerstört. Mit Leitungswasser Emulsion nach 24 Stunden unverändert.
7. K II	Nach 72 Stunden Spuren von Öl abgeschieden.
8. Lohsol	Nach 72 Stunden Spuren von Öl abgeschieden.
9. Mainz	Nach 72 Stunden unverändert.
10. Neo-Dendrin . . .	Nach 72 Stunden unverändert.
11. Novocarbo	Nach 72 Stunden unverändert.
12. Plantasan	Nach 72 Stunden unverändert.
13. S	Nach 72 Stunden unverändert.

Wie die Ergebnisse zeigen, ist die Stabilität der meisten Fabrikate eine befriedigende. Die Gefahr aber, daß solche stabile Emulsionen mangelnde Koagulationsfähigkeit und damit geringere Wirkung zeigen könnten, besteht, wie gezeigt wird, nicht. Eine 10prozent. Emulsion von Dendrin z. B., die, wie aus obiger Zusammenstellung zu ersehen ist, mindestens 72 Stunden unverändert aufbewahrt werden kann, zeigt auf größerer Oberfläche (Petrischale) schon nach 1—2 Stunden Entmischungserscheinungen; nach 24 Stunden ist nur mehr wenig Wasser vorhanden und ein gleichmäßiger Ölfilm bedeckt die Oberfläche. Die Koagulation der Emulsion tritt natürlich auf der Pflanze, z. B. der Baumrinde, bedeutend rascher ein, da die Oberfläche unvergleichlich größer als bei dem

beschriebenen Versuch ist. Aus diesem Grunde wäre daher eine grobdisperse, theoretisch rascher brechende Emulsion, einer feindispersen nicht vorzuziehen, da eben die Koagulierbarkeit auch der feinstdispersen Emulsion bei den in der Praxis obwaltenden Verhältnissen noch eine genügend rasche ist.

Ein anderer Faktor spricht für eine möglichst feine, beständige Emulsion. In jedem Gebrauchswasser finden sich mehr oder minder große Elektrolytmengen. Wird mit einem harten Wasser eine Karbolineumemulsion bereitet, so bewirken die im Wasser vorhandenen Fremdionen eine mehr oder weniger weitgehende Assoziation von Öltröpfchen zu größeren Primärteilchen. Die Störung des labilen Gleichgewichtes, in welchem sich jede Emulsion befindet, wird aber um so geringer sein, je inniger der physikalische Verband der Emulsion, d. h., je feiner verteilt die disperse Phase im Dispersionsmittel ist. Zu einer verläßlichen, gleichmäßigen Wirkung des Karbolineums ist, wie unsere praktischen Versuche eindeutig ergeben haben, unbedingt notwendig, daß sich das System im Zeitpunkte des Aufbringens auf die Pflanze hinsichtlich seiner Stabilität und seines sonstigen Verhaltens einer Lösung nähert. Über die Ergebnisse der diesbezüglichen Freilandversuche wird im nächsten Abschnitt berichtet. Diese Versuche bestätigen übrigens, daß auch bei Emulsionen der Dispersitätsgrad und somit die Oberflächenentwicklung die Wirksamkeit in gleichem Sinne beeinflußt, wie dies bei Lösungen der Fall ist. Bekanntlich ist die physiologische Wirkung im allgemeinen weitgehend von dem Grad der Aufteilung des Giftes im Verdünnungsmedium abhängig. Iondisperse Lösungen wirken stärker als molekulardisperse und diese wieder übertreffen die kolloiden Lösungen an Wirksamkeit.

Im Laboratorium untersuchte ich ferner den Einfluß der wichtigsten Härtebildner des Wassers, nämlich von $Ca^{\cdot\cdot}$, $Mg^{\cdot\cdot}$, $SO_4^{\prime\prime}$, $NO_3^{\prime}$, $Cl^{\prime}$ auf die Stabilität der Karbolineumemulsion. Zum Vergleich der Wirkung der beiden Kationen wurden äquivalente Lösungen von $CaSO_4$ und $MgSO_4$, $CaCl_2$ und $MgCl_2$ verwendet. Um die Anionenwirkung zu prüfen, wurde das Nitrat, Chlorid und Sulfat des Natriums angewandt. An Stelle des Versuchsprotokolls seien nur die Ergebnisse kurz zusammengefaßt. Mg zeigte stärker koagulierende Wirkung als Ca. Bei den Anionen war die Reihenfolge der Wirkung $NO_3 = Cl > SO_4$. Bei $MgCl_2$ und $CaCl_2$ wirkten schon Lösungen, welche etwa 10 deutschen Härtegraden entsprachen (0,019 g $CaCl_2$/100; 0,015 g $MgCl_2$/100), nach einigen Stunden stark entmischend. In den entsprechend starken Lösungen der Sulfate (0,021 g $MgSO_4$/100; 0,024 g $CaSO_4$/100) blieben die Emulsionen unverändert. Bei Vergleich der Chloride, Nitrate und Sulfate des Natriums bezw. Kalziums und Magnesiums zeigten die beiden ersteren Anionen etwa doppelte Wirkung als die Sulfate.

Diese Versuche führten mich zu einer Methode, die gleichbleibende Beschaffenheit der Karbolineumemulsionen zu überprüfen. Wie die bis-

her beschriebenen Untersuchungen zeigen, besitzen wir wohl Methoden, um die gleichbleibende chemische Zusammensetzung eines Karbolineums, innerhalb gewisser durch die Natur der angewandten Rohstoffe bedingter Grenzen, zu überprüfen. Dagegen verfügen wir nicht über eine Möglichkeit, die Emulsion in diesem Sinne zu kontrollieren. Ein brauchbares Mittel, die Karbolineumemulsion zu charakterisieren, bietet uns, wie meine Untersuchungen ergeben haben, ihr Verhalten gegen Elektrolyte. Die zur Koagulation der Karbolineumemulsion notwendigen Elektrolytmengen sind für die einzelnen Erzeugnisse sehr verschieden. Ich prüfte 10prozent. Emulsionen sämtlicher in die Versuche einbezogener Karbolineen mit n/10 $MgCl_2$-Lösung. Die Bestimmung führte ich direkt in Form einer Titration durch, wobei ich als Umschlagspunkt den Zeitpunkt wählte, bei dem die Emulsion von deutlich wahrnehmbaren Öltröpfchen durchsetzt ist, was an dem Farbumschlag von weißlich nach braun zu erkennen ist. Diese Bestimmung bietet auch einen Anhaltspunkt für die Emulgierbarbeit des Karbolineums in hartem Wasser.

Tabelle III.

100 ccm der 10prozent. Emulsionen verbrauchten zur Entmischung:

1. Bol K	30 ccm	n/10	$MgCl_2$	8. Lohsol	20 ccm	n/10	$MgCl_2$
2. Carbocrimp . .	27 „	„	„	9. Mainz	35 „	„	„
3. Dendrin . . .	20 „	„	„	10. Neo-Dendrin . .	15 „	„	„
4. Evalol	45 „	„	„	11. Novocarbo . .	23 „	„	„
5. H	18 „	„	„	12. Plantasan . . .	23 „	„	„
6. K I	27 „	„	„	13. S.	27 „	„	„
7. K II	14 „	„	„				

Der Versuch, die Tropfenanzahl zur Beurteilung von Karbolineumemulsionen heranzuziehen, hatte keinen Erfolg. Für die Wirksamkeit einer Spritzbrühe ist bekanntlich unter vielen anderen Umständen ihre Benetzungsfähigkeit auf der betreffenden Oberfläche von Bedeutung. Ein Maß für diese physikalische Eigenschaft bietet uns die Oberflächenspannung der Flüssigkeit, denn je kleiner diese ist, desto größer wird das Bestreben sein, statt großer kugeliger Tropfen einen gleichmäßigen Überzug auf der festen Oberfläche zu bilden.

Bei meinen Versuchen wurde die relative Oberflächenspannung durch Bestimmung der Tropfenzahl ermittelt, wobei ich mich des Stalagmographen von R. Fischer (7) bediente. Die einzelnen Karbolineenmarken zeigten bei der gleichen Konzentration gar keine oder nur ganz geringfügige Unterschiede in der Tropfenzahl. Ebenso zeigten leichteres und schweres Teeröl gleiche Tropfenzahl. Nachstehend ist die relative Oberflächenspannung einiger Präparate bei verschiedener Konzentration angeführt:

Tabelle IV.

Zusammenstellung der relativen Oberflächenspannung einiger Karbolineumemulsionen.

Wasser = 1.

	Dendrin	Plantasan	Bol-K	Neo-Dendrin	S
20 prozent.	0,45	0,45	0,45	0,48	0,45
10 „	0,50	0,50	0,50	0,53	0,50
8 „	0,51	—	—	—	—
5 „	0,54	0,53	0,55	0,59	0,54
2 „	0,59	—	—	—	—
1 „	0,63	0,65	0,64	0,69	0,64
0,5 „	0,69	—	—	—	—
0,1 „	0,83	—	—	—	—

Teeröl: schwer 0,47
leichter 0,47

Ich konnte also ebensowenig wie A. Lindblom und K. Sjöberg (4) Beziehungen zwischen Zusammensetzung und Tropfenzahl feststellen, da eben die Unterschiede verschwindend klein sind.

Um festzustellen, ob sich bei längerem Aufbewahren einer Karbolineumemulsion die Zusammensetzung der oberen und der unteren Schicht dadurch ändert, daß sich etwa oben eine höhere Ölkonzentration als unten einstellt, wie dies Pikering (10) fand, wurde folgender Versuch durchgeführt:

10prozent. Dendrinemulsion wurde in ein ca. 1 m hohes und 30 mm weites Rohr, das in der Mitte durch einen Glashahn absperrbar ist, gefüllt und darin drei Tage aufbewahrt. Nach drei Tagen wurde die obere und die untere Schicht der Emulsion analysiert. Die Analyse zeigte keine nennenswerte Abweichung von den theoretischen Werten.

100 ccm einer 10prozent. Dendrinemulsion enthielten:

	Obere Schicht	Untere Schicht	Theoretischer Wert
Kohlenwasserstoffe	7,2%	6,9%	7,0%
Phenole	1,4%	1,2%	1,3%
Basen	0,4%	0,4%	0,4%
Gesamtöl	9,0%	8,5%	8,7%

100 ccm einer 10prozent. Dendrinemulsion enthalten somit nach drei Tagen statt 10% Dendrin: oben: **10,2%**, unten: **9,8%**.

Die Unterschiede liegen an der Fehlergrenze und sind belanglos.

Zum Schluß dieses Abschnittes sei die Auswahl der für die physiologischen Versuche verwendeten Stoffe bezw. Komponenten besprochen: Von den neutralen Teerölderivaten kamen Benzol mit seinen Homologen Toluol und Xylol, ferner ein leichteres und ein schweres neutrales Teeröl (siehe unten) sowie Naphthalin und Anthracen zur Anwendung. Als organische Basen wurden Chinolin und Pyridin, als saure Bestandteile Phenol sowie

o-, m- und p-Kresol untersucht. Um aliphatische Kohlenwasserstoffe mit Aromaten zu vergleichen, wurde ein im Siedeverlauf dem Benzol nahekommendes Benzin, ferner ein leichteres und ein schweres Mineralöl (siehe unten) mit paraffinöser Basis in die Versuche einbezogen. Die, abweichend von der üblichen Nomenklatur, als leichtere Teer- bezw. Mineralöl bezeichneten Mittelöle hatten folgenden Siedeverlauf:

150—200° 8%
200—250° 25%
Rest bis 270°.

Der Siedeverlauf der schweren Teer- bezw. Mineralölfraktion war folgender:

220—250° 8%
250—270° 6%
270—370° . . . . Rest.

2. Wirksamkeit.

Von **O. Watzl.**

A. Versuche mit Kabolineenbestandteilen.

Eine Hauptfrage war die, in welcher Form die einzelnen zu erprobenden Karbolineenbestandteile bezw. die vergleichsweise anzuwendenden aliphatischen Stoffe zu den Versuchen genommen werden sollten. Da ein großer Teil der genannten Stoffe wasserunlöslich ist, kamen nur 2 Möglichkeiten in Betracht: die Verwendung wäßriger Emulsionen oder die Zuhilfenahme eines geeigneten (organischen) Lösungsmittels. Wir entschieden uns für die 2. Möglichkeit, weil es unmöglich ist, verschiedenartige Stoffe so zu emulgieren, daß die Emulsionen gleichartige physikalische Beschaffenheit (gleichen Dispersitätsgrad usw.) besitzen.

Houben und Hilgendorf (2) haben zum erstenmal Versuche mit Karbolineenbestandteilen in Azetonlösung gemacht, durch welche sie die Einwirkung der Stoffe auf die Wirtspflanze untersuchten. Wir haben uns entschlossen, auch die Tierversuche mit Azetonlösungen auszuführen, da die Vorversuche höchstens eine vorübergehende Wirksamkeit des reinen Azetons erkennen ließen, wenn die Benetzung eine bloß kurzdauernde war. Erst bei länger dauernder Einwirkung des Azetons oder bei wiederholter Anwendung wurden die Versuchstiere ernstlich geschädigt Trotzdem wurden die Versuchsergebnisse mit reinem Azeton in den Tabellen mit aufgenommen, damit sie mit den Wirkungen der anderen Stoffe, die in Azeton gelöst angewendet wurden, verglichen werden können. In jenen Fällen, wo eine Einwirkung des reinen Azetons zu beobachten war, ist letztere von der gefundenen Wirksamkeit der Lösung abzuziehen, um die Wirksamkeit des gelösten Stoffes mit einiger Genauigkeit zu erhalten. Wir werden sehen, daß ein solcher Vorgang in den seltensten Fällen not-

wendig war, vielmehr die Einwirkung des Azetons selbst in fast allen Fällen völlig vernachlässigt werden konnte.

Die mit den einzelnen Bestandteilen angestellten Versuche zerfallen in 2 Gruppen: die Versuche an Tieren zur Ergründung der „tiertötenden" Wirksamkeit („insektizide" Wirksamkeit usw.) und solche an Pflanzen bezw. Pflanzenteilen zur Ergründung der Pflanzenschädlichkeit.

Der Erprobung im Freiland an Zwetschkenschildlaus-Larven bezw. Zwetschken-Laubknospen gingen die Versuche im Laboratorium (an Mehlwürmern und Kornkäfern bezw. an grünen Blättern) voraus. Letztere Versuchsobjekte wurden nicht deshalb ausgewählt, weil sie von vornherein besonders geeignet zu Karbolineenstudien erschienen, sondern vor allem deshalb, weil sie leicht zu beschaffen waren und die Absicht vorlag, zu ergründen, inwieweit aus den Laboratoriumsversuchen auf die Freilandversuche geschlossen werden könne. Auf die Vor- bezw. Nachteile der Verwendung genannter Versuchsobjekte kann nicht näher eingegangen werden.

Zu den Versuchen wurden nur solche Exemplare von Mehlwürmern genommen, die ziemlich erwachsen und gesund erschienen und bereits ausgefärbt, also nicht frisch gehäutet waren. Zum Vergleich wurden jedesmal auch einige unbehandelte Mehlwürmer mitgezüchtet, um Ungleichheiten in der Beurteilung möglichst auszuschalten.

Tabelle V gibt eine Übersicht der Versuchsergegnisse mit Mehlwürmern, die in die einzelnen Lösungen getaucht wurden. Die in den Kästchen eingetragenen Zeichen bedeuten:

/ Versuch nicht möglich, da Lösung nicht herstellbar,
. Versuch möglich, aber nicht ausgeführt,
— keine Wirkung (nach 1 Woche Nachzucht: 100% lebend),
(—) fast keine Wirkung (nach 1 Woche Nachzucht: fast 100% lebend),
± teilweise Wirkung (nach 1 Woche Nachzucht: ein Teil lebend),
(+) fast durchschlagende Wirkung (nach 1 Woche Nachzucht: fast alle tot),
+ durchschlagende Wirkung (nach 1 Woche Nachzucht: 100% tot).

Zur Beurteilung der Wirksamkeit jedes Stoffes wurde angestrebt, die „wirksame Mindestkonzentration" — entspricht der „dosis letalis" mancher Autoren —, also jene kleinste Konzentration, die eben bereits die Wirkung: + ergibt, zu bestimmen. Als Abstufungen für die Versuche wurde eine annähernd geometrische, nämlich 1%, 2%, 5%, 10%, 20%, 50% und 100% gewählt. Nun hat diese Methode aber den Nachteil, daß sich von manchen Stoffen, z. B. von den Ölgemischen, nicht genügend hoch-konzentrierte Lösungen in Azeton herstellen lassen, um eine erkennbare Wirkung (Abtötung) zu erreichen. In solchen Fällen habe ich zu dem Auskunftsmittel gegriffen, die normal nur sehr kurze Benetzungs-

Tabelle V.

Wirkung auf Mehlwürmer.

		Siedepunkt	2 Sekunden getaucht								1 Minute getaucht							Wirksame Mindestkonzentration
			einmal						mehrmals		einmal			mehrmals				
			2 %	5 %	10 %	20 %	50 %	100 %	10 × 1 %	2 × 50 %	5 %	10 %	100 %	2 × 1 %	2 × 5 %	2 × 10 %	2 × 50 %	
		°C	Azetonlösungen															
	Azeton	56	/	/	/	/	/	—	10×100 %: (—)		/	/	—	2×100 %: (—)				100 % wirkt: —
Neutrale Kohlenwasserstoffe	Benzol	80	.	.	—	.	.	∓	.	.	.	.	+	.	∓	.	.	100 % wirkt: ∓
	Leichtbenzin	80	.	.	.	.	.	(—)	.	.	.	.	∓	.	.	.	.	100 % wirkt: (—)
	Toluol	111	.	.	(—)	∓	+	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	50 %
	(technisches) Xylol	136—141	.	.	(—)	(+)	+	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	20—50 %
	leichteres Teeröl	i. M. 250	.	—	—	/	/	+	.	.	.	(—)	/	.	.	+	/	(50—100 %)
	leichteres Mineralöl	i. M. 300	.	—	(—)	/	/	+	.	.	.	(+)	/	.	.	+	/	(50 %)
	schweres Teeröl	i. M. 250	.	(—)	/	/	/	+	.	.	+	+	/	.	+	.	/	(20 %)
	schweres Mineralöl	i. M. 300	.	∓	/	/	/	+	.	.	(+)	+	/	.	+	.	/	(20 %)
	Naphthalin	218	.	.	—	/	/	/	(—)	/	.	.	/	∓	.	+	/	? (50—100 %)
	Anthrazen	351	/	/	/	/	/	/	(—)[1]	/	/	/	/	∓[1]	/	/	/	? (50—100 %)
Basische Bestandteile	Pyridin	116	.	.	—	.	.	∓	.	.	.	.	(+)	.	.	.	.	100 % wirkt: ∓
	Chinolin	238	.	.	(—)	∓	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	50 %
Saure Bestandteile	Phenol	181	.	.	(—)	∓	∓	/	.	(+)	.	.	/	.	∓	.	.	(100 %)
	o-Kresol	190	.	.	(—)	∓	(+)	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	50—100 %
	m-Kresol	201	.	.	(—)	∓	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	50 %
	p-Kresol	200	.	.	∓	(+)	+	/	.	+	.	.	/	.	.	.	.	20—50 %

[1]) Spuren ungelöst.

dauer (2 Sekunden bezw. 2 Tropfen) auf eine Minute zu erhöhen oder die herstellbaren Lösungen mehrmals kurz hintereinander — in Zwischenzeiten von je 5 Minuten — auf die Versuchstiere einwirken zu lassen. Die tödliche Mindestkonzentration ist in diesen Fällen eine bloß hypothetische und aus Vergleichen mit den Versuchsergebnissen der anderen Stoffe erschlossen. Da den auf diesem Wege ermittelten Konzentrationszahlen (für die tödliche Mindestkonzentration) eine größere Ungenauigkeit anhaftet als den direkt ermittelbaren, wurden diese Werte eingeklammert (siehe Abschlußkolonne der Tabelle).

Wenn wir Tabelle V überblicken, fallen besonders auf: 1. die Zunahme der Wirksamkeit der niederen Kohlenwasserstoffe mit dem Siedepunkt, 2. die größere Wirksamkeit der schweren Öle gegenüber den leichteren Ölen und gegenüber allen übrigen erprobten Stoffen.

Die Versuche an Kornkäfern wurden in ähnlicher Weise vorgenommen wie die Mehlwurmversuche: doch wurden die Versuchstiere, anstatt des 2 Sekunden dauernden Eintauchens in die zu erprobende Flüssigkeit, mit 2 Tropfen derselben unmittelbar hintereinander benetzt und hierauf auf Löschpapier gesetzt. Nach dem Abrinnen der überschüssigen Flüssigkeit wurden die Versuchstiere sodann neben einer kleinen Menge Getreide in einseitig mit Drahtgaze verschlossene Glastuben gegeben und an einem dunklen, mäßig warmen und genügend feuchten Ort weitergezüchtet. Die Endkontrolle wurde wiederum erst 6—7 Tage nach Versuchsbeginn vorgenommen.

Da die aus eigenen Massenzuchten genommenen Kornkäfer ein an Alter, Geschlecht und Gesundheitszustand sehr ungleiches Versuchsmaterial boten, wurde besondere Sorgfalt auf die Auswahl der Versuchsindividuen verwendet. Die Auswahl erfolgte in der Weise, daß das mit Kornkäfern besetzte Getreide beim Fenster auf einer Tischplatte ausgeschüttet wurde, worauf die nach einiger Zeit hervorkommenden und gemäß ihrer negativen Phototaxis gegen das Dunkel zukriechenden Käfer mit weichem Pinsel abgefangen und in ein Sammelglas gegeben wurden. Von den gefangenen Käfern wurden nur jene zu Versuchen genommen, die nach neuerlichem Ausschütten eine normale Fluchtreaktion zeigten.

Wenn wir die Tabelle VI überblicken, fällt uns besonders auf: 1. die fast völlige Unwirksamkeit der niederen Kohlenwasserstoffe und des Pyridins, 2. die verhältnismäßig gute Wirksamkeit der schweren Öle und des Chinolins.

Erst nach Durchführung der im vorausgehenden besprochenen Laboratoriumsversuche an Mehlwürmern und Kornkäfern wurde an die Erprobung der Stoffe im Freiland geschritten. Hierzu erschienen die überwinternden Larven der Zwetschkenschildlaus (Lecanium corni Bché.) besonders geeignet, da sie bekanntlich allgemein mit Obstbaumkarbolineum bekämpft werden und an der Bundesanstalt für Pflanzenschutz seit einer Reihe von Jahren zur Erprobung neuer Karbolineensorten in erster Linie herangezogen werden.

Tabelle VI.

Wirkung auf Kornkäfer.

		Mit 2 Tropfen benetzt							1 Minute getaucht						Wirksame Mindestkonzentration
		einmal					mehrmals		einmal			mehrmals			
		5 %	10 %	20 %	50 %	100 %	10 × 1 %	2 × 50 %	5 %	10 %	100 %	2 × 1 %	2 × 10 %	2 × 100 %	
		Azetonlösungen													
	Azeton	/	/	/	/	—	/	/	/	/	—	/	/	(—)	100 % wirkt: —
Neutrale Kohlenwasserstoffe	Benzol	.	.	.	.	(—)	.	.	.	.	.	.	.	∓	100 % wirkt: (—)
	Leichtbenzin	.	.	.	.	—	.	.	.	.	—	.	.	(—)	100 % wirkt: —
	Toluol	.	—	—	—	(—)	.	.	.	.	(—)	.	.	∓	100 % wirkt: (—)
	(technisches) Xylol	.	—	—	—	(—)	.	.	.	.	.	.	.	∓	100 % wirkt: (—)
	leichteres Teeröl	—	—	/	/	+	.	.	.	∓	.	.	.	.	(100 %)
	leichteres Mineralöl	—	(—)	/	/	+	.	.	.	+	.	.	.	.	(50–100 %)
	schweres Teeröl	(—)	/	/	/	+	.	.	(+)	+	.	.	.	.	(20–50 %)
	schweres Mineralöl	(—)	/	/	/	+	.	.	(+)	+	.	.	.	.	(20–50 %)
	Naphthalin	.	—	/	/	/	(—)	/	.	(—)	/	∓	(+)	/	? (100 %)
	Anthrazen	/	/	/	/	/	(—)[1]	/	/	/	/	∓[1]	/	/	? (100 %)
Basische Bestandteile	Pyridin	.	—	.	.	(—)	.	.	.	.	∓	.	.	∓	100 % wirkt: (—)
	Chinolin	.	(—)	(+)	+	+	.	.	(—)	.	.	.	.	.	20—50 %
Saure Bestandteile	Phenol	.	(—)	∓	(+)	/	.	+	.	.	/	.	.	/	(50—100 %)
	o-Kresol	.	—	∓	∓	+	.	.	.	.	.	.	.	.	100 %
	m-Kresol	.	(—)	∓	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	50 %
	p-Kresol	.	—	∓	∓	/	.	+	.	.	/	.	.	/	(100 %)

[1]) Spuren ungelöst.

Diese Versuche zur Erprobung der Karbolineenbestandteile wurden im Jahre 1931 (28. März; kalter Tag!) an älteren Zwetschkenbäumen vorgenommen. Die Erprobung der einzelnen Azetonlösungen usw. wurde hierbei durch Bepinseln befallener Zwetschkenzweige mit Hilfe eines weichen Pinsels ausgeführt, der in die betreffende Flüssigkeit getaucht worden war. Unter den Zweigen wurden nur solche ausgewählt, die mit einer genügenden Zahl lebender Schildlauslarven besetzt waren und aus der Baumkrone frei herausragten. Überdies wurde, um die Möglichkeit einer Zuwanderung fremder Larven oder Abwanderung behandelter auszuschließen, jeder Versuchszweig an der Basis mit einem Ring aus Sotor-Raupenleim abgeschlossen.

Die Kontrolle der in einfacher Wiederholung ausgeführten Versuche wurde zweimal, am 29. April und 30. Mai vorgenommen. Die Beurteilung der Wirkung war dadurch erschwert, daß auch auf den unbehandelten Zweigen durchschnittlich 50% tote Larven gefunden wurden. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle übersichtlich dargestellt.

Tabelle VII.

Wirkung auf Zwetschkenschildlaus-Larven.

		Gepinselt									
		einmal							mehrmals		Wirksame Mindestkonzentration
		1%	2%	5%	10%	20%	50%	100%	4 × 0,5%	4 × 100%	
		Azetonlösungen									
	Azeton	/	/	/	/	/	/	—	/	+	100% wirkt: —
Neutrale Kohlenwasserstoffe	Benzol	.	.	.	—	.	.	(—)	.	.	100% wirkt: (—)
	Leichtbenzin	.	.	.	—	.	.	∓	.	.	100% wirkt: ∓
	Toluol	.	.	.	(—)	.	.	+	.	.	(50—100%)
	(technisches) Xylol	.	.	.	∓	.	.	+	.	.	(50%)
	leichteres Teeröl	—	.	+	.	/	/	.	.	.	(5%)
	leichteres Mineralöl	—	.	+	.	/	/	.	.	.	(5%)
	schweres Teeröl	(—)	.	+	/	/	/	.	.	.	(2—5%)
	schweres Mineralöl	(—)	.	+	/	/	/	.	.	.	(2—5%)
	Naphthalin	.	—	.	—	/	/	/	.	/	(über 20%)
	Anthrazen	/	/	/	/	/	/	/	+	/	?
Basische Bestandteile	Pyridin	.	.	.	—	.	.	—	.	.	100% wirkt: —
	Chinolin	.	.	.	+	.	+	.	.	.	(10%)
Saure Bestandteile	Phenol	.	.	.	(—)	.	+	/	.	/	(50%)
	o-Kresol	.	.	.	(—)	.	+	.	.	.	(50%)
	m-Kresol	.	.	.	—	.	+	.	.	.	(50%)
	p-Kresol	.	.	.	∓	.	+	/	.	/	(20 - 50%)

Wie aus Tabelle VII zu ersehen, wurden — von jedem in Azetonlösung zu erprobenden Stoff — nur 2 Konzentrationen angewendet. Diese 2 Konzentrationen waren auf Grund der vorausgegangenen Laboratoriumsversuche tunlichst so gewählt worden, daß von der höheren Konzentration eine durchschlagende, von der niedrigeren eine bloß teilweise oder gar keine Wirksamkeit zu erwarten war. Wie man sieht, ist dies mit wenigen Ausnahmen geglückt: ein Hinweis auf den Parallelismus zwischen den Ergebnissen der Laboratoriums- und der Freilandversuche! Selbstverständlich mußte hierbei auf die bekannte geringere Widerstandsfähigkeit der zarthäutigen Zwetschkenschildlaus-Larven gegenüber derjenigen der stark chitinisierten Mehlwürmer und Kornkäfer Rücksicht genommen werden.

Bei der Betrachtung der Tabelle VII fällt uns auf: 1. die vorzügliche Wirksamkeit der schweren Öle, die jene der leichteren um weniges noch übertrifft, 2. die gute Wirksamkeit des Chinolins, 3. die mäßige Wirksamkeit der sauren Bestandteile, 4. das Ansteigen der Wirksamkeit der niederen Kohlenwasserstoffe mit dem Siedepunkt.

In Abb. 9 wird der Versuch unternommen, die Wirksamkeit der einzelnen erprobten Stoffe auf die 3 zu den Versuchen verwendeten Tierarten graphisch darzustellen, um sie besser vergleichen zu können. Die einzelnen erprobten Stoffe wurden einerseits nach ihrem Siedepunkt (Horizontalachse), andererseits nach der tödlichen Mindestkonzentration (Vertikalachse) eingetragen. Die festen und die aliphatischen Kohlenwasserstoffe sind in der Darstellung nicht berücksichtigt. Nur bei solchen Stoffen, die ihrer chemischen Natur nach näher verwandt sind, wurden Verbindungslinien eingezeichnet.

Man sieht: 1. die parallele Zunahme der Wirksamkeit der niederen Kohlenwasserstoffe auf Mehlwürmer und Schildlauslarven bei steigendem Siedepunkt, 2. die minimale Wirksamkeit des Pyridins gegenüber der guten des Chinolins, 3. die mäßige, nur innerhalb enger Grenzen schwankende Wirksamkeit der saueren Bestandteile, 4. die stärkere Wirksamkeit der schweren gegenüber den leichteren Teerölen.

Weiters geht aus der Abb. 9 hervor: daß die Widerstandsfähigkeit gegen Kontaktgifte unter den 3 Versuchs-Tierarten beim Kornkäfer meist am größten und bei den Lecanienlarven im allgemeinen noch geringer ist wie bei den Mehlwürmern. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß die Versuche gegen die Lecanienlarven im Freiland streng genommen mit den exakteren Laboratoriumsversuchen nicht ohne weiteres verglichen werden können, da ja bei den Freilandversuchen nicht allein die Versuchstiere, sondern auch die Zweigrinde gepinselt wurde, so daß eine Nachwirkung des hier zurückbleibenden Substanzüberzuges auf die Larven nicht ganz ausgeschlossen ist. Immerhin tritt die besondere Empfindlichkeit der Lecanienlarven klar zutage, was erklärlich ist, wenn man bedenkt, daß diese Tiere weder unter einem unempfindlichen Schild — wie die gedeckelten Schildläuse — ruhen, noch durch besonders

starke Wachsausscheidungen usw. — wie z. B. die Blutlaus — geschützt sind.

Zur Untersuchung der Pflanzenschädlichkeit der einzelnen Karbolineenbestandteile für die Wirtspflanze wurden zunächst Laboratoriumsversuche an Blättern (Zweige in Wasser) von Apfel, Birne, Kirsche, Zwetschke, Pfirsich und Bohnen — letztere im Gewächshaus gepflanzt! — ausgeführt. Diese Versuche wurden von Dr. Beran im Mai 1930 durch Bespritzen der Blätter im Laboratorium ausgeführt und nach seinen Beobachtungen von mir tabellarisch zusammengestellt (siehe auch Abbildungen).

Tabelle VIII.[1])

Schädigung an Blättern.

		Azeton-lösungen %	Gespritzt: Apfel	Birne	Kirsche	Zwetschke	Pfirsich	Bohne	Im Durchschnitt	Unschädliche Höchstkonzentration
	Azeton	100	—	—	—	—	—	—	—	100%
Neutrale Kohlenwasserstoffe	Benzol	1	—	—	—	—	—	—	—	(5%)
		10	(—)	(—)	(—)	(—)	—	(—)	(—)	
	Leichtbenzin	10	(—)	—	(—)	—	—	—	—	(5–10%)
	Toluol	1	—	—	—	—	—	—	—	(2–5%)
		10	∓	∓	∓	∓	(—)	∓	∓	
	(technisches) Xylol	1	—	—	—	—	—	—	—	(2–5%)
		10	∓	∓	∓	(—)	(—)	∓	∓	
	leichteres Teeröl	5	∓	∓	(—)	(+)	∓	∓	∓	(1%)
	leichteres Mineralöl	5	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(2%)
	schweres Teeröl	5	∓	∓	(—)	(+)	(—)	∓	∓	(1%)
	schweres Mineralöl	5	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(2%)
	Naphthalin	10	—	—	—	—	—	—	—	10% oder mehr?
	Anthrazen	10×1	—	—	—	—	—	—	—	(10%) oder mehr?
Basische Bestandteile	Pyridin	10	—	—	—	—	—	—	—	10% oder mehr?
	Chinolin	1	(—)	(+)	(—)	(—)	∓	+	∓	1% wirkt: ∓
Saure Bestandteile	Phenol	1	(—)	(+)	(+)	∓	∓	+	∓	1% wirkt: ∓
	o-Kresol	1	∓	(+)	(+)	(+)	∓	+	(+)	1% wirkt: (+)
	m-Kresol	1	∓	∓	(+)	∓	∓	+	∓	1% wirkt: ∓
	p-Kresol	1	∓	+	+	+	+	+	+	1% wirkt: +

In Tabelle VIII ist wiederum nur die Endkontrolle dargestellt, die eine Woche nach Ausführung der Versuche vorgenommen wurde. Da uns für die Praxis die Grenze der Unschädlichkeit am meisten interessiert, wurden

[1]) Zusammengestellt nach Versuchen von Dr. Beran.

die Konzentrationen so gewählt, daß sich die „unschädliche Höchstkonzentration“ — soweit sie nicht direkt aus den Versuchen hervorging — erschließen ließ (eingeklammerte Zahlen!). Es zeigte sich, daß vielfach schon mit niedrig prozentigen Lösungen Schädigungen eintraten.

Auffällig ist: 1. die starke Schädigung durch die sauren Bestandteile sowie durch das Chinolin, 2. die mäßige Schädigung durch die Ölgemische und 3. die geringe Schädlichkeit der übrigen Stoffe.

Die Erprobung der Schädlichkeit der einzelnen Stoffe für Laubknospen von Zwetschke wurde gleichzeitig mit den Lacanienversuchen im Freiland (siehe oben!) vorgenommen.

Tabelle IX.

Schädigung an Zwetschken-Laubknospen.

		Gepinselt									
		einmal							mehrmals		Unschädliche Höchstkonzentration
		1 %	2 %	5 %	10 %	20 %	50 %	100 %	4 × 0,5 %	4 × 100 %	
		Azetonlösungen									
	Azeton	/	/	/	/	/	/	—	/	(+)	100 %
Neutrale Kohlenwasserstoffe	Benzol	.	.	.	—	.	—	∓	.	.	50 %
	Leichtbenzin	.	.	.	—	.	.	—	.	.	(100 %)
	Toluol	.	.	.	—	.	∓	∓	.	.	(20 %)
	(technisches) Xylol	.	.	.	—	.	(—)	∓	.	.	(20—50 %)
	leichteres Teeröl	—	—	—	∓	/	/	.	.	.	5 %
	leichteres Mineralöl	—	—	—	∓	/	/	.	.	.	5 %
	schweres Teeröl	—	—	(—)	/	/	/	.	.	.	2—5 %
	schweres Mineralöl	—	—	(—)	/	/	/	.	.	.	2—5 %
	Naphthalin	.	—	.	—	/	/	/	.	/	10 % od. mehr?
	Anthrazen	/	/	/	/	/	/	/	∓	/	?
Basische Bestandteile	Pyridin	.	.	.	—	.	.	--	.	.	(100 %)
	Chinolin	.	.	—	(—)	.	+	.	.	.	5—10 %
Saure Bestandteile	Phenol	.	.	.	—	(—)	(+)	/	.	/	10—20 %
	o-Kresol	.	.	.	(—)	(+)	+	.	.	.	5—10 %
	m-Kresol	.	.	.	—	∓	+	.	.	.	10 %
	p-Kresol	.	.	.	∓	(+)	+	/	.	/	(5 %)

Aus Tabelle IX ersehen wir, daß 1. die schweren Öle und nach ihnen die leichteren die stärkste Schädigung hervorriefen, daß aber 2. das Chinolin und die Kresole in der Stärke der Einwirkung unmittelbar nachfolgten. Bezüglich der festen Kohlenwasserstoffe sei bemerkt, daß das Anthrazen bei 4facher Anwendung einer 0,5 prozent. Azetonlösung (kurz

Abb. 1. Wirkung 10prozent. Lösungen in Azeton auf Bohne.

hintereinander angewendet!) noch keine Spur einer Einwirkung durch das Anthrazen erkennen ließ, da ja auch mit der reinen Azetonlösung bei 4maliger Anwendung bereits fast alle Schildlauslarven abgetötet wurden. Obwohl ein ähnlicher Versuch mit Naphthalin nicht ausgeführt wurde, ist doch aus dem übrigen Verhalten der beiden Stoffe zueinander zu schließen,

Abb. 2. Wirkung 10prozent. Lösungen in Azeton auf Bohne.

daß auch das letztere keine nennenswerte Schädigung der Knospen hervorrufen dürfte.

In ähnlicher Weise wie in Abb. 9 ein Vergleich zwischen der Wirksamkeit der erprobten Stoffe auf die verschiedenen Versuchs-Tierarten unternommen wurde, soll die Abb. 11 zum Vergleich der durch Tabelle VIII und IX dargestellten Versuchsergebnisse dienen. Eindrucksvoll tritt der große Unterschied in der Empfindlichkeit der Blätter gegenüber der Widerstandsfähigkeit der Laubknospen — Blütenknospen sind empfindlicher! — hervor. Wir sehen ferner, daß innerhalb der Gruppen die Zunahme der Schädigung mit dem Siedepunkt in beiden Fällen ziemlich parallel geht. Die Abweichungen sind geringfügig.

Im folgenden wird der Versuch unternommen, die Wirksamkeit der Karbolineenbestandteile auf die Versuchstiere mit der Pflanzenschädlichkeit in eine anschauliche Beziehung zu bringen. Zahlenmäßig kann dies durch Bildung des Quotienten: wirksame Mindestkonzentration gebrochen durch unschädliche Höchstkonzentration, geschehen.

Tabelle X.

Tabelle der Quotienten: wirksame Mindestkonzentration, gebrochen durch unschädliche Höchstkonzentration.

		Bezogen auf die Blattschädigung (Sommerkampf)			Bezogen auf die Knospenschädigung (Winterkampf)		
		Mehlwurm	Kornkäfer	Zwetschken-Schildlaus-Larve	Mehlwurm	Kornkäfer	Zwetschken-schildlaus-Larve
	Azeton	/	/	/	/	/	/
Neutrale Kohlenwasserstoffe	Benzol	/	/	/	/	/	/
	Leichtbenzin	/	/	/	/	/	/
	Toluol	14	/	22	2,5	/	4
	(technisches) Xylol	10	/	14	1	/	2
	leichteres Teeröl	75	100	5	15	20	1
	leichteres Mineralöl	25	38	2,5	10	15	1
	schweres Teeröl	20	35	3,5	6	10	1
	schweres Mineralöl	10	18	2	6	10	1
	Naphthalin	7,5?	10?	2?	7,5?	10?	2?
	Anthrazen	7,5?	10?	?	?	?	?
Basische Bestandteile	Pyridin	/	/	/	/	/	/
	Chinolin	über 50	über 35	über 10	7	5	1,5
Saure Bestandteile	Phenol	über 100	über 75	über 50	7	5	3
	o-Kresol	über 75	über 100	über 50	10	13	7
	m-Kresol	über 50	über 50	über 50	5	5	5
	p-Kresol	über 35	über 100	über 35	7	20	7

In Tabelle X sind die Werte der Quotienten für sämtliche wirksame Mindestkonzentrationen, die gleich oder kleiner als 100% sind, eingetragen. Nur für jene Fälle, in denen auch der reine Stoff nicht durchschlagend wirkte, wurden die Quotienten nicht berechnet. Welches ist nun die Bedeutung der Quotienten?

Vom Standpunkt des pflanzenschutzlichen Wertes eines Karbolineenbestandteiles zur Insektenbekämpfung auf einer Pflanze ist uns eine möglichst niedrige wirksame Mindest-, aber eine möglichst hohe unschädliche Höchstkonzentration erwünscht. Beides wirkt in gleichem Sinne auf den Quotienten ein, der somit möglichst klein gewünscht wird. Ist der Quotient größer als 1, so bedeutet dies, daß die wirksame Mindest-

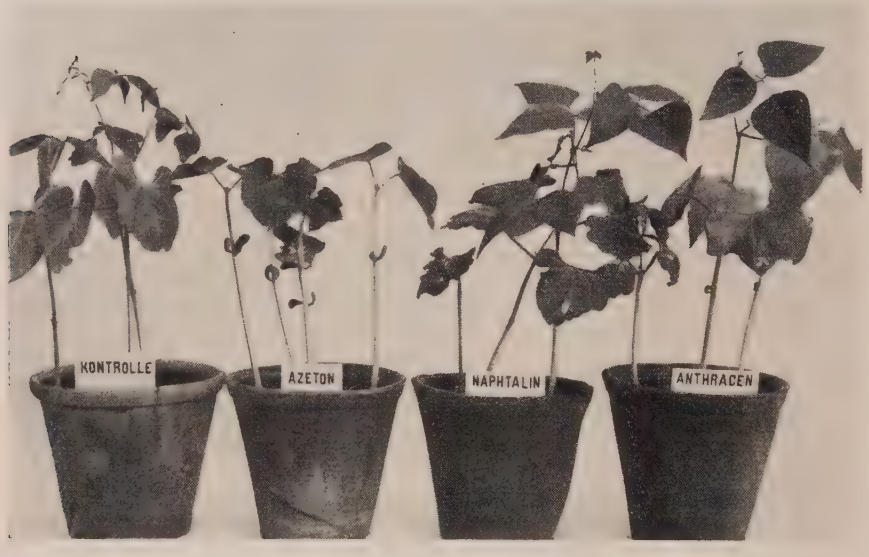


Abb. 3. Wirkung 10prozent. Lösungen in Azeton auf Bohne.

über der unschädlichen Höchstkonzentration liegt, daß also die unschädliche Höchstkonzentration noch nicht durchschlagend wirkt, mithin es in einem solchen Fall keine gleichzeitig vollwirksame und unschädliche Konzentration gibt. Ist dagegen der Quotient gleich 1, so ist die unschädliche Höchstgleich der wirksamen Mindestkonzentration, so daß diese Konzentration ohne Schädigungsgefahr für die Wirtspflanze anwendbar wäre. Der 3. mögliche Fall, daß nämlich der Quotient kleiner als 1 ist, kommt in Tabelle X nicht vor.

Die für Mehlwürmer und Kornkäfer errechneten Quotienten sind selbstredend nur von theoretischem Interesse. Die Aufmerksamkeit sei auf die verhältnismäßig niedrigen Werte der Quotienten für Kresole und Phenol in Kol. 4 und 5 gelenkt. Es kann daraus der Schluß gezogen werden, daß die sauren Bestandteile im Obstbaumkarbolineum nicht un-

Abb. 3. Wirkung 1prozent. Lösungen in Azeton auf Bohne.

bedingt ungünstig sein müssen, wenn dies auch im Falle der Zwetschkenschildlaus zutrifft (siehe weiter unten).

Aus Kol. 6 geht wohl mit großer Deutlichkeit hervor, wie sehr die Verwendbarkeit der Obstbaumkarbolineen zur Bekämpfung der Zwetschkenschildlaus-Larven im Winter vor allem auf dem Gehalt an höhersiedenden neutralen Ölen beruht.

Abb. 4. Wirkung 5prozent. Lösungen in Azeton auf Bohne.

Noch sinnfälliger geht die Brauchbarkeit der einzelnen Karbolineenbestandteile zur Lecanienbekämpfung aus Abb. 11 hervor, die auf einer Vereinigung der Abb. 9 und 10 beruht. Bei dieser graphischen Darstellung — die sich übrigens nur auf die Zwetschkenschildlaus bezieht —

Abb. 6. Wirkung 1prozent. Lösungen in Azeton auf Bohne.

sind die einzelnen Karbolineenbestandteile einerseits nach der ihnen zukommenden wirksamen Mindestkonzentration (Vertikalachse), andererseits nach ihrer unschädlichen Höchstkonzentration (Horizontalachse) eingetragen.

Die Abb. 11 ist so eingerichtet, daß die tiertötende Wirksamkeit von unten nach oben, die Schädlichkeit von links nach rechts zunimmt Wenn wir durch den Anfangspunkt der Koordinaten eine Halbierungsachse des von ihnen gebildeten rechten Winkels legen, so haben die auf dieser Achse liegenden Eintragungen die besondere Eigenschaft, daß die Werte der wirksamen Mindest- und der unschädlichen Höchstkonzentration für sie gleich sind, was in Abb. 9 durch den Quotienten 1 ausgedrückt wurde. Befindet sich eine Eintragung dagegen rechts von der Halbierungsachse, so bedeutet dies, daß sich die unschädliche Höchstkonzentration einer Substanz kleiner als deren wirksame Mindestkonzentration erwiesen hat, daß also die letztere bereits pflanzenschädlich war. Als Maß für den Grad der Schädlichkeit der wirksamen Mindestkonzentration können wir den Horizontalabstand einer Eintragung von der Halbierungsachse ansehen. Je größer dieser ist, um so geringer ist die unschädliche Höchst- und um so pflanzenschädlicher ist die wirksame Mindestkonzentration.

Wir finden in Abb. 11 die erprobten Karbolineenbestandteile zweimal eingetragen, wobei sich die rechtsstehende Eintragung ausnahmslos auf die Blattschädigungen, die linksstehende auf die Knospenschädigungen bezieht.

Wir sehen, daß sämtliche in der Abbildung erscheinenden Stoffe wegen ihrer Blattschädlichkeit für einen Sommerkampf gegen die Zwetschkenschildlaus kaum in Betracht kommen. Es erscheinen die höhersiedenden neutralen Teeröle sowie auch Chinolin und Xylol für den Winterkampf am meisten geeignet, während die Phenole (und Benzol) ganz besonders gefährlich für die Zwetschken-Laubknospen sind.

Bei den graphischen Darstellungen wurden die festen Kohlenwasserstoffe (Naphthalin und Anthrazen) nicht berücksichtigt, da die Versuche wegen der geringen Löslichkeit in Azeton zu keinem genügend genauen Ergebnis führten. Aus den Tabellen V, VI, VII, VIII und IX geht aber deutlich hervor, daß die Wirksamkeit auf das tierische sowie auf das pflanzliche Objekt bei den Versuchen gering bis höchstens mäßig war.

Außer den von mir erprobten Stoffgruppen enthalten manche Obstbaumkarbolineen wechselnde Mengen eines Emulgators (Seife bezw. Harzseife), der bei der Emulgierung in der wässerigen Phase bleibt. Um einen Überblick über die Wirksamkeit der Seife zu gewinnen, konnte der bei den übrigen Stoffen eingeschlagene Weg (Azetonlösung) wegen Unlöslichkeit nicht beschritten werden. Dagegen ergab sich als Ausweg die Anwendung in wässriger Lösung. Verwendet wurde eine dunkle neutrale Schmierseife von vorschriftsmäßigem Fettsäuregehalt (40%).

Abb. 7. Wirkung 1prozent. Lösungen in Azeton auf Bohne.

Es ergab sich als tödliche Mindestkonzentration: Mehlwürmer 2%, Kornkäfer 50% (!), Zwetschkenschildlaus-Larven 5%. Die Pflanzenschädlichkeit wurde nicht untersucht; es ist aber bekannt, daß Seifenlösungen an den behandelten Pflanzen häufig Wachstumshemmungen

(Reifeverzögerungen, Verbrennungen der grünen Teile u. a.) hervorrufen, also nicht ungefährlich sind, wobei sich diesbezüglich verschiedene Seifenarten verschieden verhalten.

Die von mir erprobten aliphatischen Kohlenwasserstoffe (Benzin und „Mineralöle") zeigten fast genau dieselbe Wirksamkeit auf die Versuchstiere wie die aromatischen von ähnlichem Siedeverlauf (siehe Tab. V, VI und VIII). Bei den Versuchen an Zwetschken-Laubknospen (Tab. IX) ergab Leichtbenzin eine höhere unschädliche Höchstkonzentration als Benzol, während die Unterschiede bei Mineral- zu Teerölen in der Tabelle nicht zum Ausdruck kommen, da sie zu gering waren. Aber auch bei letzteren ließ sich in einigen Fällen erkennen, daß die Mineralöle eine etwas geringere Pflanzenschädlichkeit wie die bezüglichen Teeröle aufwiesen.

Auch Beran fand die Blattschädigung (Tab. VIII) bei den aliphatischen Verbindungen fast durchwegs merkbar kleiner als bei den aromatischen.

Abb. 8. Wirkung 1prozent. Lösungen in Azeton auf Bohne.

Demgemäß ergab sich (Tab. X), daß der Quotient: wirksame Mindest- durch unschädliche Höchstkonzentration bei den Mineralölen fast immer kleiner, nie aber größer war als bei den bezüglichen Teerölen. Aliphatische Kohlenwasserstoffe scheinen sich somit — wenigstens in bezug auf gute Wirksamkeit bezw. geringe Pflanzenschädlichkeit — zur Insektenbekämpfung auf Holzgewächsen, besonders als Sommerspritzmittel, mindestens ebenso gut zu eignen wie aromatische.

Zwischen der Wirksamkeit der Karbolineenbestandteile auf Mehlwürmer (und z. T. auch Kornkäfer) und der Wirksamkeit auf Zwetschkenschildlaus-Larven besteht nach Abb. 9 eine deutliche Übereinstimmung in bezug auf die erprobten Stoffe mit niedrigem Siedepunkt, während sich gegenüber den hochsiedenden Bestandteilen die letzteren Tiere wesentlich empfindlicher als die Mehlwürmer erwiesen.

Zwischen der Schädlichkeit der Karbolineenbestandteile auf Laub und auf Zwetschken-Laubknospen konnte ein weitgehender Parallelismus in bezug auf die Kohlenwasserstoffe der Benzolreihe, die basischen und z. T.

auch die sauren Bestandteile, beobachtet werden; dagegen zeigten sich die Blätter verhältnismäßig weniger empfindlich gegenüber den hochsiedenden neutralen Ölgemischen, die sich gegenüber den Knospen noch gefährlicher als Kresol oder Chinolin erwiesen.

Daraus ergibt sich, daß Laboratoriumsversuche an Mehlwürmern und Kornkäfern, bezw. an Laub, zwar selbstverständlich nicht die Erprobung an den in der obstbaulichen Praxis zu bekämpfenden Schädlingen und an Obstgewächsen in Vegetationsruhe zu ersetzen vermögen, aber immerhin geeignet sind, eine vorläufige Orientierung zu geben, durch welche die praktischen Freilandversuche vereinfacht und abgekürzt werden können.

B. Versuche mit Karbolineen.

Da es nicht möglich ist, mit Azeton genügend hochprozentige Lösungen der handelsfertigen Karbolineen herzustellen, wurden diese bloß in Form von wässerigen Emulsionen zu Wirkungsversuchen verwendet. Tauchversuche an Mehlwürmern und Kornkäfern (ausgeführt wie die Versuche mit Karbolineenbestandteilen) wurden mit den Karbolineenmarken Dendrin und Bol-K ausgeführt, wobei in allen Fällen die 20 prozent. Emulsionen einen bloß kleinen Teil der Versuchstiere, die 50 prozent. aber alle abtöteten.

Die von uns im Spätwinter 1930 bezw. 1931 ausgeführten Versuche mit wässerigen Emulsionen einiger Karbolineen an Zwetschkenschildlaus-Larven sind in Tab. XI beschrieben.

Tabelle XI.

Wirkung der Karbolineen auf Zwetschkenschildlaus-Larven.

Karbolineummarke		Wirksame Mindestkonzentration	Gespritzt: wässerige Emulsionen					Gehalt an Fraktionen		Summe
								220° bis 270°	über 270°	über 220°
		%	1 %	2 %	5 %	10 %	20 %	%	%	%
1930	Dendrin . .	2—5	∓	(+)	+	+	+	23,7	32,3	56,0
	K II . . .	5	.	∓	+	+	+	21,0	24,5	45,5
	Mainz . . .	5	.	(−)	+	+	+	37,9	9,2	47,1
	Plantasan . .	5—10	.	(−)	∓	+	+	11,1	23,0	34,1
	K I	10	.	(−)	∓	+	+	15,9	17,2	33,1
1931	Bol-K . . .	2	∓	+	+	+	+	22.1	41,9	64,0

Wir sehen, daß die Wirksamkeit mit dem Gehalt an höhersiedenden Bestandteilen (über 220°) parallel geht; eine geringe Abweichung zeigt sich nur in dem Verhältnis zwischen Mainz und K II, die aber durch das Überwiegen der hochsiedenden Bestandteile (über 270°) bei K II ausreichend erklärt wird. Durch dieses Ergebnis wird das bereits in Abschnitt 2 er-

örterte Ansteigen der Wirksamkeit — innerhalb verwandter Stoffgruppen — mit dem Siedepunkt neuerlich erhärtet.

Um den Einfluß des Dispersitätsgrades der Emulsion auf die Wirksamkeit des Karbolineums zu untersuchen, wurde auf Vorschlag Berans mit Bol-K — das wegen seiner besonders feinen Emulsion bekannt ist —

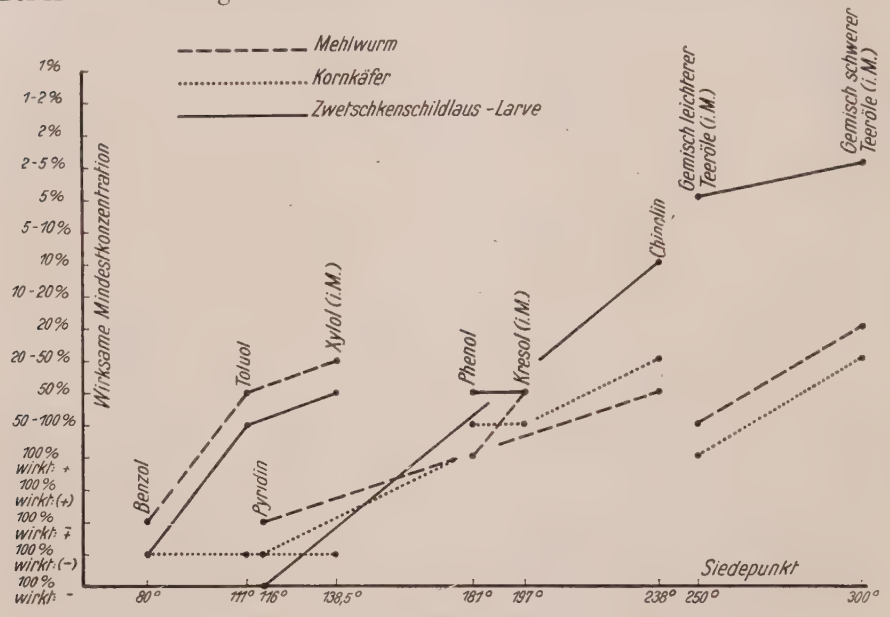


Abb. 9. Vergleich der Wirkungen auf Mehlwürmer, Kornkäfer und Zwetschkenschildlaus-Larven.

eine Versuchsreihe angestellt, wobei verschieden hohe Zusätze von $MgCl_2$ der 2 prozent. Emulsion zugefügt wurden. Infolge der durch den Elektrolytzusatz bewirkten Dispersitätsvergröberung wurde die Wirkung herabgesetzt. Eine Emulsion mit einem Zusatz von $^1/_{10}$% n/10 $MgCl_2$-Lösung hatte noch ebenso durchschlagende Wirkung wie die 2 prozent. Emulsion ohne Zusatz, während Zusätze von 0,5 bis 1% n/10 $MgCl_2$ eine erhebliche Wirkungsminderung herbeiführten. Der Versuch zeigt die Gefahr der Verwendung weniger gut emulgierender Karbolineen im Hinblick auf den Elektrolytgehalt der in der Praxis zur Verwendung gelangenden harten Wässer.

Die bei unseren Versuchen mit wässerigen Karbolineenemulsionen an Zwetschken-Laubknospen im Spätwinter 1930 beobachtete unschädliche Höchstkonzentration war in der Mehrzahl der Fälle 15%, während mit 20% meist geringe Verbrennungen beobachtet wurden (Abb. 10).

Eine einfache Beziehung zwischen der Stärke der Verbrennungen und dem Gehalt an sauren bezw. höhersiedenden Bestandteilen ließ sich nicht nachweisen. Daß der Gehalt an Phenolen, der bei allen untersuchten Karbolineen weniger als 15% betrug, unterhalb dieses Maximums nicht allein ausschlaggebend ist, ging bereits aus dem oben mitgeteilten Versuchsergebnissen (Abb. 10) hervor. Auch der Gehalt an hochsiedenden Bestand-

Tabelle XII.

Schädigungen der Karbolineen an Zwetschken-Laubknospen.

Karbolineum-marke	Gespritzt: wässerige Emulsion					Unschädliche Höchst-konzentration	Gehalt an	
							Fraktionen über 270°	Phenolen
	5%	7,5%	10%	15%	20%	%	%	%
Dendrin . . .	—	—	—	—	∓	15	32,3	12.8
K I	—	—	—	—	∓	15	17,2	11 0
K II	—	—	—	—	(—)	15—20	24,5	13.4
Plantasan . . .	—	—	—	—	?	?	23,0	3.0
Mainz	—	—	—	—	—	20?	9,2	8,7

teilen spielt gewiß eine Rolle, doch kommen offenbar noch andere Faktoren, wie namentlich die Pflanzenschädlichkeit einzelner Stoffe, unter Umständen auch der jeweiligen Emulgatoren, sowie der Einfluß physikalischer Eigenschaften des Karbolineums (Eindringungsfähigkeit, besondere Haftfähigkeit u. a.) hinzu. Erst durch Zusammenwirken aller dieser Faktoren kommen die Pflanzenschäden zustande.

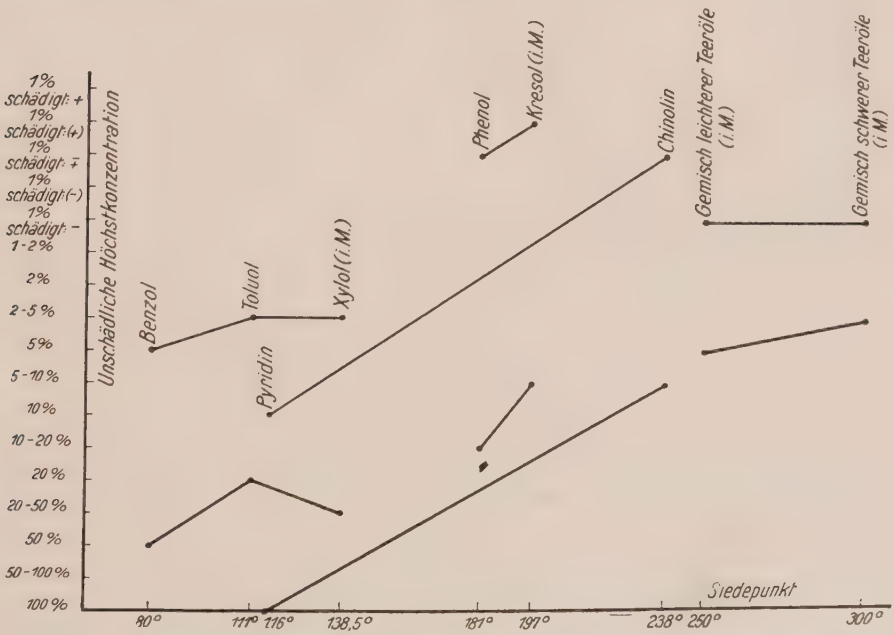


Abb. 10. Vergleich der Schädigungen an Blättern (oben) und Zwetschken-Laubknospen (unten).

Abschließend läßt sich über die Karbolineenwirkung sagen, daß die Erprobung der einzelnen Fraktionen bezw. der Kohlenwasserstoffe, Phenole und Basen, genügt, um ein ungefähres Bild über die Wirksamkeit auf den Schädling zu bekommen, daß aber, um Aufschluß über die Pflanzenschädlichkeit der Karbolineen zu erhalten, es notwendig ist, den beschrittenen

Weg auszubauen: tunlichste Erprobung der einzelnen Karbolineenbestandteile sowie der Gesamtkarbolineen an Knospen.

Die Wirksamkeit der Karbolineen bei der praktischen Erprobung im Freilande ist aber stets von vielen Faktoren (Zeit der Versuche, Witterung, Art bezw. Alter der Schädlinge, Sorte der Pflanzen, Versuchs- und Kontrolltechnik u. a.) abhängig, so daß eine Vergleichung der von verschiedenen Versuchsanstellern bezw. an verschiedenen Orten oder zu verschiedenen Zeiten vorgenommenen Versuche große Schwierigkeiten bereitet,

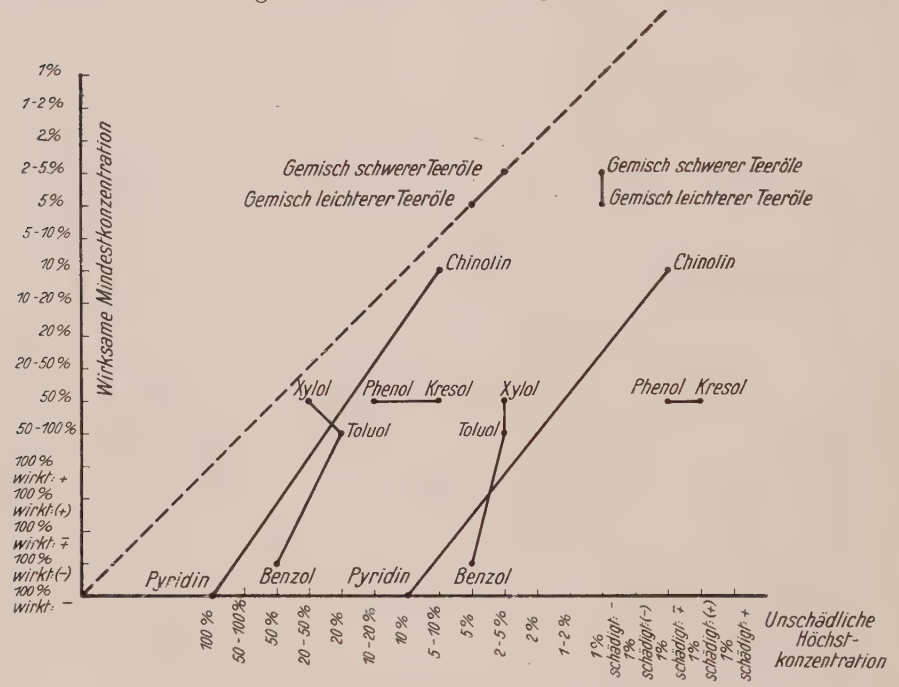


Abb. 11. Vergleich der Wirkung auf Zwetschkenschildlaus-Larven mit den Schädigungen an Zwetschken-Laubknospen (links) und Blättern (rechts).

ja oft unmöglich ist Um so dringender erhebt sich die Forderung, die Erprobung einheitlich zu regeln, worüber wir im Endabschnitt Vorschläge machen werden.

C. Literatur.

Die notwendig gewordene Kürzung der vorliegenden Arbeit erlaubt nicht eine nähere Besprechung der Literatur; es sei auf die zitierten Originalarbeiten verwiesen. Jedoch möchte ich eine auffallende Mitteilung Goetzes (3) nicht übergehen.

Goetze teilt Laboratoriumsversuche an Zwetschkenschildlaus-Larven mit (S. 137), die ergaben, daß die ganz jungen Larven schon durch 15 Sekunden dauerndes Eintauchen in bloß 0,1 prozent. Karbolineum (Lösungen?) in wenigen Minuten abgetötet wurden. Nach dem gleichen

Autor sollen im Herbst die Larven „der 2. Generation noch leicht mit 5 prozent. Emulsion zu fassen“ sein, während im Frühjahr Konzentrationen unter 10% überhaupt unwirksam genannt werden.

Hierzu bemerke ich, daß in Österreich bisher stets nur eine Generation der Zwetschkenschildlaus beobachtet wurde und daß die überwinterten Larven, die etwa 2 mm lang zu sein pflegen, sowohl bei unseren eingehenden Versuchen, als auch nach der mehrjährigen Erprobungspraxis der Bundesanstalt für Pflanzenschutz, im Spätwinter mit 2—4 prozent. Emulsionen der guten Karbolineen sicher abgetötet werden können — genügende Benetzung der Läuse vorausgesetzt.

3. Erprobung, Begutachtung und Kontrolle der Obstbaumkarbolineen.

Von **Ferd. Beran** und **O. Watzl.**

In den beiden ersten Hauptabschnitten haben wir die chemische Zusammensetzung und die physikalische Beschaffenheit bezw. die Wirksamkeit auf Mehlwürmer, Kornkäfer, Zwetschkenschildlaus-Larven sowie die Schädlichkeit für Obstbaumblätter und Zwetschken-Laubknospen untersucht. Durch kritische Vergleichung unserer Versuchsergebnisse mit der wichtigsten neueren Literatur sind wir zu allgemeinen Urteilen über die Bedeutung der einzelnen Karbolineenbestandteile für die insektizide Wirksamkeit und für die Knospenschädlichkeit gelangt. Wir hatten auch Gelegenheit, auf die spezielle Empfindlichkeit bezw. Widerstandsfähigkeit unserer tierischen und pflanzlichen Versuchsobjekte hinzuweisen und betonen neuerlich, daß die Wirkung der Obstbaumkarbolineen für besonders geschützte Schädlinge (Blutlaus, gedeckelte Schildläuse, Eier u. a.) durch separate Versuchsreihen erprobt werden müßte. Da nun die Zwetschkenschildlaus-Larven, wie bereits erwähnt, keine besonderen Schutzmittel besitzen, sind sie zur Beurteilung der insektiziden Wirksamkeit eines Obstbaumkarbolineums sehr geeignet und die an ihnen ausgeführten Versuche von allgemeiner Bedeutung.

Insektizide Wirksamkeit und Knospenschädlichkeit sind die beiden wichtigsten Faktoren zur Beurteilung der Obstbaumkarbolineen. Neben diesen für die Praxis ausschlaggebenden Wirkungen kommen noch einige andere in Betracht: Abschreckende Wirkung auf einzelne tierische Schädlinge, fungizide Wirksamkeit (sehr beschränkt!), Reizwirkung (siehe auch oben), Wundheilung (vgl. Houben-Hilgendorff und Goetze l. c.), Abtötung der Flechten und Moose (vgl. erstere Autoren), Abstoßung der alten Borke sowie event. die Beeinflussung des Bodens. Auch diese Wirkungen stehen sicher in Abhängigkeit von der chemisch-physikalischen Beschaffenheit, worüber aber nur wenig bekannt ist.

Aus unserer Arbeit geht wohl zur Genüge hervor, daß die chemisch-physikalische Beschaffenheit der Karbolineen von größter Bedeutung für

die Verwendbarkeit der einzelnen Sorten ist, daß aber für eine einwandfreie Begutachtung die praktische Erprobung keineswegs vernachlässigt werden darf. Erprobung und Begutachtung haben den Zweck, aus der großen Zahl der Obstbaumkarbolineen die besten auszuwählen, während durch die ständige „Kontrolle" die gleichbleibend gute Beschaffenheit erprobter Sorten gesichert werden soll.

Wir beginnen mit unseren Vorschlägen über die chemisch-physikalischen Anforderungen (Normen), die wir an ein zur Erprobung gelangendes Obstbaumkarbolineum stellen.

a) Normen.

Wie bereits erwähnt, hat Houben (l. c.) Normierungsvorschläge für Obstbaumkarbolineen ausgearbeitet. Derartige Normen sollen dazu dienen solche Karbolineen, die nach ihrer chemischen Zusammensetzung keinesfalls entsprechen können, von der Erprobung von vornherein auszuschließen. Demzufolge dürfen wir bei der Festlegung der Normen die Forderungen keineswegs zu sehr überspannen, damit nicht vielleicht ein abweichend zusammengesetztes gutes Karbolineum von der praktischen Erprobung ausgeschaltet würde. Vielmehr müssen wir die Grenzen für die zur Erprobung zuzulassenden Sorten so weit halten, daß sicher alle guten Karbolineen in ihren Rahmen fallen.

Wir wollen nunmehr untersuchen, wie weit die Houbenschen Normen auf Grund unserer Ergebnisse theoretisch bezw. praktisch begründet erscheinen.

Punkt 1. „Obstbaumkarbolineum muß von gleichmäßig flüssiger Beschaffenheit sein und darf weder Schichten noch Ausscheidungen aufweisen."

Diese Forderung muß selbstverständlich von jedem brauchbaren Obstbaumkarbolineum erfüllt werden.

Punkt 2. „Seine 10 bis 15prozent. Emulsionen mit destilliertem Wasser dürfen bei 72 stündigem Stehen in gefüllter und verschlossener Flasche keine Entmischung unter Ölabscheidung zeigen.".

Auch dieser Punkt ist, wie im 1. Teil besprochen, unbedingt zu fordern, doch muß mit Rücksicht auf solche Sorten, die in geringeren Konzentrationen angewendet werden (Neodendrin, Carbokrimp) eine entsprechende Änderung getroffen werden.

Da die Haltbarkeit der Emulsionen mit destilliertem Wasser den praktischen Bedürfnissen jedoch nicht genügt, darf auch die Stabilität der Emulsion in mittelhartem Wasser nicht gestört werden. Wir stellen daher eine Prüfung in diesem Sinne (siehe Abschnitt 1) als weitere Forderung auf.

Punkt 3. „Es muß mindestens 60% Kohlenteeröl enthalten, das zumindest 20% über 270° sieden muß."

Wie unsere Untersuchungen zeigen, liegen Karbolineen mit 60% Kohlenteeröl an der Grenze der praktisch guten Wirksamkeit.

Obwohl die meisten einwandfreien Sorten einen nicht unwesentlich höheren Gehalt an Teerölen aufweisen — an letzter Stelle steht Lohsol mit 69%! — kann eine Erhöhung der Forderung nicht das Wort geredet werden, da der Gesamtprozentgehalt an Kohlenteerölen nach unseren Untersuchungen nicht ausschlaggebend ist. Wie wir bereits oben ausführten, kommt es vielmehr auf die Art der Kohlenteeröle, und zwar vor allem auf die höhersiedenden Öle an. Wir sind daher für Beibehaltung der Houbenschen 60% Gesamtgehalt an Teerölen.

Andererseits halten wir nicht allein den Gehalt an den über 270° siedenden Bestandteilen für ausschlaggebend, sondern möchten auch die mittlere Ölgruppe von 220—270° berücksichtigt wissen. Wir fügen daher zu der Houbenschen Forderung bezüglich des Gehaltes an Bestandteilen über 270° (die wir für ungenügend halten) noch eine weitere Forderung an, die sich auf den Gehalt an Bestandteilen über 220° bezieht.

Punkt 4. „Der restliche Anteil des Obstbaumkarbolineums darf, soweit er nicht ebenfalls aus Kohlenteeröl der angegebenen Beschaffenheit besteht, nur Stoffe enthalten, deren Unschädlichkeit bekannt ist."

Hierzu wird bemerkt, daß über die Unschädlichkeit neuer unbekannter Stoffe im Karbolineum nur der entsprechende praktische Versuch sichere Klarstellung bringen kann.

Punkt 5. „Obstbaumkarbolineum darf nicht mehr als 15% saure Öle und nicht mehr als 4% organische Basen enthalten".

Bezüglich der sauren Anteile ist gegen die Höchstgrenze von 15% nichts einzuwenden. Dagegen ist es unserer Meinung nach überflüssig, den Basengehalt, der in bezug auf Pflanzenschädlichkeit höchstens gleich bedenklich ist wie der Phenolgehalt, so niedrig zu begrenzen. Ein etwas höherer Gehalt an Chinolin im Karbolineum wäre mit Rücksicht auf die gute Wirksamkeit eher günstig als ungünstig, während ein höherer Gehalt an Pyridin zwar keine Verbesserung der Wirksamkeit mit sich brächte, aber aus anderen Gründen (günstige Einwirkung auf die Pflanze u. a.) vorteilhaft sein könnte. Mit Rücksicht darauf, daß der Basengehalt der Karbolineen übrigens nie die Höhe des maximal zugelassenen Phenolgehaltes erreicht, liegt kein Grund vor, ihn überhaupt nach oben zu begrenzen.

Im Sinne obiger Ausführungen schlagen wir daher folgende Normen vor:

1. „Obstbaumkarbolineum muß von gleichmäßig flüssiger Beschaffenheit sein und darf weder Schichten noch Ausscheidungen aufweisen."

2. „Seine Emulsionen mit destilliertem Wasser dürfen in jenen Prozentsätzen, die als Winterspritzmittel verwendet werden sollen, bei 72stündigem ruhigen Stehen in gefülltem und verschlossenem Standglas keine Entmischung unter Ölabscheidung zeigen."

3. „100 cm^3 der 10prozent. Emulsionen mit destilliertem Wasser dürfen durch 15 cm^3 n/10 $MgCl_2$-Lösung nicht sofort entmischt werden."

4. „Obstbaumkarbolineum muß mindestens 60% Teeröl enthalten. Mindestens 40% des Karbolineums müssen auf die Summe der über 220° und 20% auf die über 270° siedenden Anteile entfallen.

5. „Es darf nicht mehr als 15% saure Öle (Phenole) enthalten."

Der Wert unserer Abänderungsvorschläge der Houbenschen Normen wird klar, wenn wir betrachten, welche der von uns untersuchten Karbolineen den Bedingungen entsprechen und welche nicht (siehe Tabelle I, II und III). Nach den Houbenschen Normen fallen die Karbolineen 4, 5 und 6 wegen ungenügender Haltbarkeit der Emulsion und 4, 5, 9, 12 und 13 wegen zu geringen Gehaltes an Kohlenteeröl (4 und 12) bezw. wegen zu geringen Gehaltes an hochsiedenden Teerölen (5, 9 und 13) aus. Ferner entsprechen 4 und 11 nicht wegen des zu hohen Basengehaltes, während das wohlbewährte Dendrin (3) mit 4% Basengehalt (bei manchen Proben auch über 4%!) an der Grenze der Zulässigkeit steht. Nach Houben entsprechen also die Karbolineen 1, 2, 3, 7, 8 und 10, davon 3 eben gerade noch.

Nach unseren Normen gestaltet sich die Ausscheidung folgendermaßen. Die Karbolineen 4, 5 und 6 fallen ebenfalls wegen ungenügender Haltbarkeit der Emulsionen aus. Unserer Forderung Punkt 3) entspricht nicht 7, während 10 an der Grenze liegt. Wegen zu geringen Gehaltes an entsprechenden Teerölen (Punkt 4) scheiden die Karbolineen 4, 5, 6, 7, 9, 12 und 13 aus. Hiernach verbleiben also die Sorten 1, 2, 3, 8, 10 (an der Grenze) und 11.

Unter den 13 Karbolineensorten, die sämtlich an der Bundesanstalt für Pflanzenschutz in Wien praktisch erprobt wurden (12)[1]) (Lecanien-, Epidiaspis- und Knospenversuche), haben nur die Sorten 1, 2, 3 und 8 in jeder Beziehung befriedigt. Es ergibt sich also, daß sowohl die Houbenschen als auch unsere Normen die besten Sorten einschließen. Einer besonderen Besprechung bedürfen folgende Karbolineen: 7, 10 und 11.

K II (7) hat nach den Versuchen Miestingers an der Bundesanstalt für Pflanzenschutz gegen Epidiaspis versagt und blieb auch nach unseren Versuchen an Zwetschkenschildlaus-Larven in der Wirksamkeit hinter Bol-K und Dendrin (siehe Tabelle XI) zurück; unsere Ablehnung nach Punkt 3 und 4 erscheint somit begründet.

Neodendrin (10) wird in der Praxis wegen seiner hohen Wirksamkeit in 4—5prozent. Konzentrationen angewandt; es könnte übrigens in normalen Konzentrationen (8—10) wegen seiner Pflanzenschädlichkeit nicht verwendet werden. Nach verschiedenen Versuchen an der Bundesanstalt für Pflanzenschutz sind die 4—5 prozent. Emulsionen des Neodendrin teils gleich, teils minder wirksam gegenüber 8—10 prozent. Dendrin. Unter-

[1]) Wir möchten an dieser Stelle Herrn Reg.-Rat Dr. K. Miestinger für zahlreiche Mitteilungen aus seiner reichen Erfahrung über die Freilanderprobung der Obstbaumbarbolineen unsern Dank aussprechen.

suchungen Miestingers (1928) haben ergeben, daß 5, 10 und 15 prozent. Emulsionen von Neodendrin in hartem Wasser „innerhalb 24 Stunden weitgehend entmischt" wurden, was durch die Untersuchungen Berans (siehe Tabelle III) bestätigt wird.

Novocarbo (11) zeigte bei der praktischen Erprobung (1931) nur wenig geringere Wirksamkeit als Dendrin (3) und entsprach im übrigen den an ein gutes Karbolineum gestellten Anforderungen; es erscheint daher die Ausscheidung nach den Houbenschen Normen wegen des zu hohen Basengehaltes nicht gerechtfertigt.

b) Erprobung neuer Karbolineensorten.

Unsere Vorschläge für die Erprobung neuer Obstbaumkarbolineen lauten:

I. Voruntersuchung im Laboratorium: an Mehlwürmern und Kornkäfern unter Berücksichtigung der besonderen Widerstandsfähigkeit dieser Tiere. Das Ziel ist, einen Überblick über die Wirksamkeit zu gewinnen, wodurch die Freilanderprobung vereinfacht werden kann.

II. Freilandversuche an Schildläusen: (Lecanium corni Bché): Reichliche Bespritzung der von Zwetschkenschildlaus-Larven befallenen, doch noch lebenskräftigen Holzgewächse mit den empfohlenen und geringeren Konzentrationen (Emulsionen) im Spätwinter, unter obligater Beiziehung mindestens einer erprobten und unter ständiger Kontrolle stehenden Karbolineensorte zum Vergleich. Ergänzend Freilandversuche an der (gedeckelten) roten austernförmigen Birnschildlaus (Epidiaspis leperei Ldgr.) durch Bepinseln befallener Stämme mit höher konzentrierten Emulsionen. Das Ziel ist die Bestimmung der wirksamen Höchstkonzentrationen.

Freilandversuche an Knospen von Obstbäumen bezw. -sträuchern (Beerenobst): Reichliche Bespritzung verschiedener gesunder Obstsorten zur Zeit des Knospenschwellens mit den empfohlenen sowie höheren Konzentrationen (Emulsionen) unter Beiziehung erprobter Vergleichspräparate. Das Ziel ist die Ermittlung der unschädlichen Höchstkonzentrationen.

c) Ständige Kontrolle.

Aufgabe der ständigen Laboratoriumskontrolle ist es festzustellen, ob ein erpobtes und einwandfrei befundenes Karbolineum — abgesehen von geringen, durch die wechselnde Beschaffenheit der Ausgangsfabrikate begründeten Schwankungen — in seiner chemischen bezw. physikalischen Beschaffenheit gleichbleibt. Andernfalls wäre die betreffende Karbolineensorte der neuerlichen Erprobung und Begutachtung zu unterziehen. Für diese ständige Kontrolle der Karbolineen ist neben dem bei den Normierungsvorschlägen aufgezählten Untersuchungen noch der Wassergehalt und das spezifische Gewicht zu ermitteln.

Zusammenfassung.

Die chemische Zusammensetzung und physikalische Beschaffenheit von 13 Obstbaumkarbolineen-Sorten wurde ermittelt. Mit den wichtigsten Stoffgruppen der Karbolineen wurden Giftwirkungsversuche (Wirkung als Kontaktgifte) an Mehlwürmern, Kornkäfern und Zwetschkenschildlaus-Larven sowie an Obstlaub und Zwetschken-Laubknospen ausgeführt, wobei diese Stoffe in Azeton gelöst angewendet wurden. Weitgehende Abhängigkeit der Wirksamkeit von dem Gehalt an hochsiedenden Teerölen, insbesonders der Fraktionen über 270°, wurde festgestellt. Auf Grund der Ergebnisse werden Vorschläge für die Normierung, Erprobung und Begutachtung der Karbolineen gebracht.

Literatur.

1. Molz, E., Untersuchungen über die Wirkung der Karbolineen als Pflanzenschutzmittel. Zeitschr. f. Bakt. XXX, II. Abt., S. 181 (1911).
2. Houben, J., und Hilgendorff, G., Über Obstbaumkarbolineum. Arb. a. d. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. Berlin XIV, S. 109, (1926).
3. Profft, E., und Götze, G., Untersuchungen über Obstbaumkarbolineen. Zeitschr. f. Bakt. 83. Bd., S. 127 (1931).
4. Lindblom, A., und Sjöberg, K., Studier Rörande Fruktträds-karbolineum. Meddelande Nr. 397 från Centralanstalten för försöksväsendet pa jordbruksom-radet. Lantbruksentomologiska avdelningen Nr. 61. Kemiska avdelingen Nr. 44, Stockholm (1931).
5. Houben, J., Normierung der Obstbaumkarbolineen. Ch. Ztg. Cöthen 1929, S. 985, und Nachrichtenblatt f. d. deutschen Pflanzenschutzdienst X, S. 2 (1930).
6. Weichherz, J., Über die Eigenschaften und Zusammensetzung der wasserlöslichen Obstbaumkarbolineen. Ch. Ztg. S. 702, Cöthen (1930).
7. Fischer, R., Ein seibstregistrierender Tropfenzählapparat (Stalagmograph). Biochem. Zeitschr. 219, S. 248 (1930).
8. Trappmann, W., Methode zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln. Arb. a. d. Biol. Reichsanst. Berlin XIV, S. 259 (1926).
9. Griffin, E. L., Richardson, Ch. H., und Burdette, R. C., Relation of Size of Oil Drops to Toxicity of Petroleum-Oil Emulsions to Aphids. Journal of Agricultural Research 34, S. 727, Washington (1927).
10. Clayton-Loeb, Emulsionen. Berlin (1924), S. 28.
11. Fulmek, L., Neue Erfahrungen über die Bekämpfung des Apfelsaugers. In: Zeitgemäße Obstbaufragen 3. Folge, Wien (1930)
12. Wahl, B., Bericht über die Tätigkeit der Bundesanstalt f. Pflanzenschutz in Wien, (1926).

Über den Zusammenhang zwischen der Populationsdichte und Eierproduktion der Weibchen bei der Schildlaus Chionaspis salicis L.

Von

Eugen Smirnov und **N. Wiolovitsh.**

(Zoologisches Institut der Universität Moskau.)

(Mit 9 Abbildungen.)

Das Problem der gegenseitigen Beziehung zwischen der Bevölkerungsdichte und der Fruchtbarkeit wie bei Tieren, so auch bei den Pflanzen ist für theoretische und praktische Forschung von großem Interesse. Bezüglich der Schildläuse wurde diese Frage von Smirnov und Polejaeff[1]) aufgeworfen und zum Teil beantwortet. Es erwies sich namentlich beim Studium der natürlichen Populationen von *Lepidosaphes ulmi* L., daß die beiden Faktoren, Populationsdichte und Fruchtbarkeit, durch eine bestimmte, dabei negative Korrelation verbunden sind: je dichter die Bevölkerung, desto niedriger die durchschnittliche Fruchtbarkeit der Weibchen. Es wurde dabei festgestellt, daß von einem gewissen Grad der Dichte der Bevölkerung angefangen, sogar vollkommen sterile Weibchen anzutreffen sind, deren Prozentsatz mit dem Anwachsen der Populationsdichte immer höher und höher wird. Der Anteil solcher Weibchen an der gesamten Population bedingt eben das fortschreitende Sinken des Durchschnitts der Eierproduktionszahl. Schalten wir die sterilen Weibchen bei der Berechnung des Durchschnitts aus, so bleibt er für allmögliche Werte der Bevölkerungsdichte auf einem und demselben Niveau stehen (von einer gewöhnlichen Variation abgesehen). Es scheint hier demzufolge das Prinzip „Alles oder Nichts" stattzufinden.

Es entsteht dabei die natürliche Frage, ob man diese für *Lepidosaphes ulmi* festgestellte Gesetzmäßigkeit verallgemeinern und auch auf andere Arten der Schildläuse anwenden kann. Die Lösung dieser Frage war eben der Zweck der vorliegenden Arbeit.

---

[1]) E. Smirnov und W. Polejaeff, The density of population and the sterility of the females in the Coccid *Lepidosaphes ulmi*, L. (Journ. Anim. Ecology, in press).

I.

Als Objekt unserer Studien diente uns die gemeine Schildlaus-Art *Chionaspis salicis* L. Diese Laus ist mit *L. ulmi* die häufigste Bewohnerin der Parke und Gärten von Moskau. Gewisse Baumarten werden durch diese beiden Schildläuse merklich beschädigt. Die bekanntlich polyphage *Ch. salicis* befällt hier eine ganze Reihe von Bäumen und Sträuchern: Apfelbaum, Esche, Ahorn, Weide, Pappel, Eberesche, Linde usf. Doch die von ihr am meisten bevorzugte Baumart ist in Moskau die Linde; hier ist *Ch. salicis* am häufigsten anzutreffen, an Zweigen und bei den jungen Bäumchen auch an Stämmen.

Zu einem bequemeren Vergleich der für die beiden Arten charakteristischen Gesetzmäßigkeiten wurden die Beobachtungen an *Ch. salicis* nach demselben Schema wie in der oben zitierten Arbeit durchgeführt. Die ähnliche Lebensweise beider Schildläuse macht dieses vollkommen möglich.

Im Winter 1931—1932 und im Herbst 1932 wurden von *Ch. salicis* dicht besiedelte Lindenzweige aus verschiedenen Punkten Moskaus genommen und die Populationen statistisch analysiert. Es handelt sich demgemäß um die Weibchen, welche ihre Eier schon gelegt hatten und als Regel bereits tot waren. Zur Bewertung der Bevölkerungsdichte und Eierproduktion benutzten wir die Methode der Probenquadrate. An jedem Zweig wählten wir etwa 20 Proben, eine jede 2 cm^2 groß, wobei wir uns bemühten, die Gebiete mit verschiedenen Graden der Bevölkerungsdichte in unsere Analyse einzuschließen. Dies erwies sich als möglich, da die Zweige sehr unregelmäßig von Schildläusen besiedelt werden. Die Männchen wurden dabei nach Möglichkeit vermieden, da sie infolge ihrer geringeren Größe den Weibchen im Kampf um Raum und Nahrung nicht äquivalent gelten können. Falls sie aber trotzdem in unbedeutender Anzahl beigemischt waren, wurden sie bei der Bewertung der Dichte den Weibchen gleichgestellt, da in solchen Fällen ihr Anteil freilich keinen bedeutsamen Einfluß auf das Gesamtergebnis ausüben konnte. — Die Bevölkerungsdichte wurde somit als die Gesamtzahl der Individuen der Probe bewertet.

Zur Beurteilung der Fruchtbarkeit zählten wir die im Schilde eines jeden Weibchens enthaltenen Eier. Da das Eigelege jedes Weibchens in ihrem eigenen Schilde eingeschlossen und dadurch von den Nachbarweibchen vollständig isoliert ist, konnte man ihre Eierproduktion ohne Schwierigkeit feststellen. In dem weiter unten angeführten Beispiel wurden die Eier aller in jeder Probe enthaltenen Weibchen gezählt[1]). Die Frucht-

[1]) Zuweilen trifft man Weibchen, deren Eier teilweise oder gänzlich durch die Raubinsekten beschädigt sind. Da in diesen Fällen eine genaue Abzählung der Eier unmöglich ist, pflegten wir derartige Exemplare bei der Bewertung der mittleren Eierproduktion außer acht zu lassen. Ähnlich wurde auch mit parasitierten Tieren verfahren. Die beiden Kategorien wurden aber beim Feststellen der Populationsdichte beachtet.

barkeit steriler Schildläuse wurde natürlicherweise = 0 angenommen. Auf Grund dieser Daten berechneten wir für jede Probe die mittlere Eierproduktion. Insofern alle in Betracht kommenden Weibchen der Proben studiert wurden, halten wir die gewonnenen Mittelzahlen für genügend zuverlässig, vor allem die der dicht bevölkerten Proben.

Die maximale Produktion eines Weibchens beträgt für den betreffenden Zweig 71 Eier, die minimale ist gleich 0, da sterile Weibchen vorhanden sind. *Ch. salicis* steht somit der anderen von uns studierten Schildlaus, *L. ulmi*, in dieser Hinsicht bedeutend nach: bei der letzteren Art beträgt das Maximum 132 Eier.

Tabelle I.

Nr. der Probe	Populationsdichte	Zahl fertiler Weibchen	Mittlere Eierproduktion	Mittlere Eierproduktion ohne 0-Werte	Zahl steriler Weibchen	Zahl parasitierter Weibchen	Prozentsatz steriler Weibchen
1	5	5	47,20	47,20	0	0	0,0
2	7	7	42,20	42,20	0	0	0,0
3	9	9	40,63	40,63	0	0	0,0
4	10	8	27,00	38,57	2	0	20,0
5	14	11	23,00	30,67	3	0	21,4
6	16	16	38,71	38,71	0	0	0,0
7	16	12	24,07	33,70	4	0	25,0
8	24	18	31,20	39,00	2	0	10,0
9	24	21	28.35	33,35	3	0	12,5
10	27	25	34,28	38,56	2	0	7,4
11	29	24	27,05	36,71	5	0	17,2
12	30	22	31,25	43,75	8	0	26,7
13	35	30	30,23	36,04	5	0	14,3
14	40	23	17,73	36,56	17	0	42,5
15	50	34	23,28	35,70	16	0	32,0
16	64	37	17,29	32,36	27	0	42,2
17	87	60	23,23	35,85	25	2	29,4
18	120	56	14,75	32,35	62	2	52.5
19	151	97	—	—	51	3	34,5
20	190	112	17,84	33,69	64	7	36,4
21	192	114	—	—	75	3	39,7
22	221	127	15,69	34,74	88	6	40.9

Tab. I enthält die nötigen Data. In der 2. Spalte finden wir hier die Werte der Populationsdichte, in der 3. die Anzahl der fruchtbaren Weibchen in jeder Probe, in der 4. die mittlere Eierproduktion, in der 5. ebenfalls mittlere Produktion, aber ohne sterile Weibchen berechnet. Die Populationsdichte variiert von 5 bis auf 221 Schildläuse pro Probe. Die Variationsbreite der Eierproduktionswerte ist ebenfalls beträchtlich, von 14,75 bis 47,20. Aus dem Vergleich beider Zahlenreihen können wir er-

sehen, daß die beiden Größen aufs deutlichste korrelieren: mit dem Anwachsen der Bevölkerungsdichte rückt im allgemeinen die mittlere Eierproduktion. Der Anschaulichkeit wegen führen wir auch eine graphische Darstellung des Zusammenhangs beider Variablen an (Abb. 1); die Verbindungsform derselben entspricht vollkommen dem, was Pearl[1]) in seinen Versuchen über die Einwirkung der Dichte der Drosophila-Fliegenbevölkerung auf die Eierproduktion der Weibchen erhalten hatte.

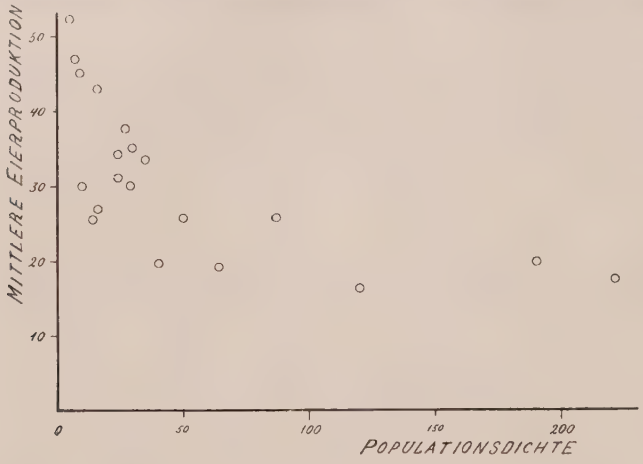


Abb. 1. Korrelation von Populationsdichte und mittlerer Eierproduktion, I. Zweig.

Nebenbei sei bemerkt, daß auch die gesamte Eierproduktion der Proben bei unserer Schildlaus sich dem Anwachsen der Dichte parallel ausgesprochen vergrößert. Widrigenfalls hätte eine Gesetzmäßigkeit auch rein mathematisch, ohne das Vorhandensein einer biologischen, vorgetäuscht werden können.[2])

Die bei *Lepidosaphes ulmi* konstatierte Gesetzmäßigkeit läßt sich somit auch für *Ch. salicis* als bewiesen gelten. Die Eierproduktion fällt mit dem Anwachsen der Populationsdichte, anfänglich sehr bedeutend (Abb. 1), später, bei noch stärkerer Übervölkerung, viel langsamer.

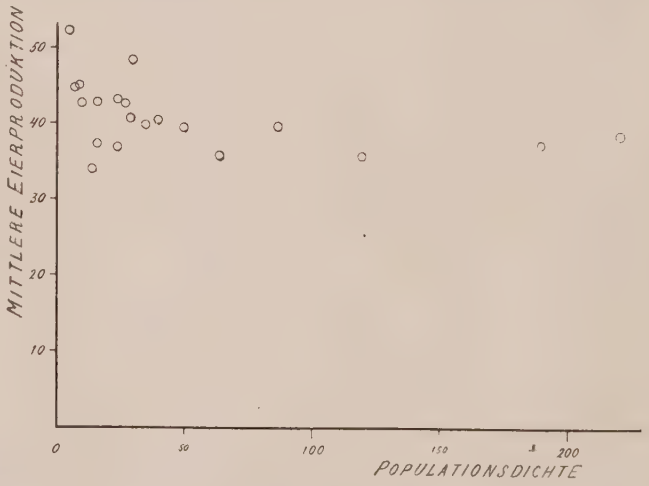


Abb. 2. Korrelation von Populationsdichte und mittlerer Eierproduktion ohne sterile Weibchen, I. Zweig.

[1]) Pearl, R., The influence of density of population upon egg production in *Drosophila melanogaster*. — Journ. Exp. Zool., **63**, 1932.

[2]) S. darüber: Smirnov, E., und O. Kusin. Experimentell-Ökologische Studien an Fliegenparasiten I. (Im Druck.)

Es ist nun angebracht, die Frage über die sterilen Weibchen zu stellen. Auf Grund der *Lepidosaphes*-Arbeit könnten wir ja vermuten, daß die unter den Bedingungen einer Übervölkerung fallende mittlere Eierproduktion im Anwachsen der Zahl steriler Weibchen ihre Erklärung finde. Zur Lösung dieser Frage hatten wir die Werte der mittleren Eierproduktion für die fruchtbaren Weibchen allein berechnet, ohne die sterilen zu beachten. Betrachten wir die Angaben der 5. Spalte unserer Tab. I im Vergleich zu den Werten der 2. Spalte, so finden wir auf den ersten Blick keine Abhängigkeit der mittleren Eierproduktion von der Bevölkerungsdichte. Bei einer näheren Betrachtung der 5. Spalte können wir aber eine Anhäufung von hohen

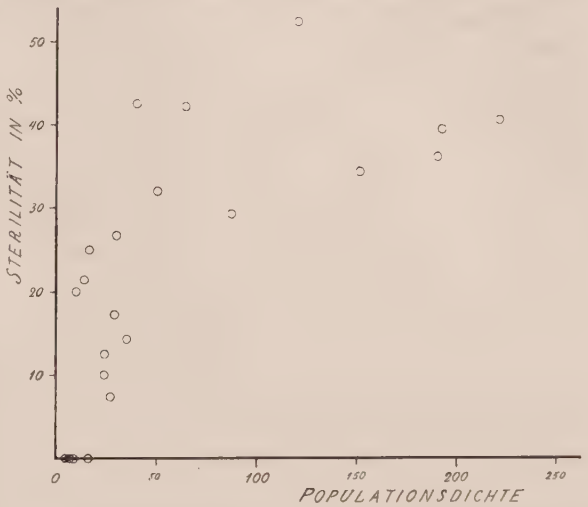


Abb. 3. Korrelation von Populationsdichte und Sterilität der Weibchen I. Zweig.

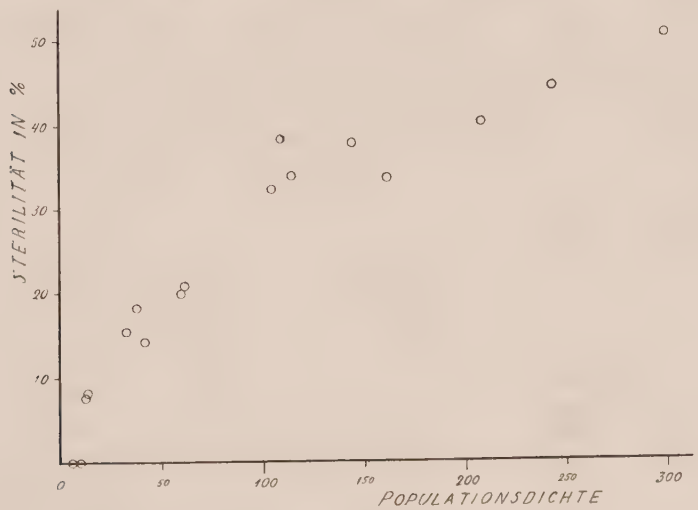


Abb. 4. Korrelation von Populationsdichte und Sterilität der Weibchen, II. Zweig.

Werten der Eierproduktion bei niedrigen Zahlen der Population nicht in Abrede stellen. Aus der Abb. 2, welche den Zusammenhang beider Variablen in anschaulicher Form wiedergibt, können wir ersehen, daß bei

geringen Populationswerten die beiden Größen sich reziprok zueinander verhalten. Diese Tendenz verschwindet aber beim weiteren Anwachsen der Bevölkerungsdichte sehr bald. Wie aus einem Vergleich der Abb. 2 und 1 zu sehen ist, ermöglicht das Einschließen der sterilen Weibchen in unsere Berechnung eine Verwandlung der bloßen Andeutung in eine ausgesprochene Gesetzmäßigkeit. Wir können die Sachlage dahin zusammenfassen, daß *Ch. salicis* sich in der genannten Beziehung von *L. ulmi* einigermaßen abweichend verhält: bei der letzteren Art hatten wir ja kein Recht auch von einer andeutungsmäßigen Verringerung der abgelegten Eieranzahl mit Anwachsen von Bevölkerung zu sprechen.

Es ist also nach dem Gesagten zu erwarten, daß ein Anwachsen der Populationsdichte von einem Steigen des Prozentsatzes steriler Weibchen begleitet sein wird. Tab. I bestätigt diese Annahme. Die Zahlen der 8. Spalte zeigen uns, daß dieser Prozentsatz, anfänglich niedrig, des weiteren im schnellen Tempo anwächst, was auch durch die Abb. 3 erläutert wird, welche den Zusammenhang beider Größen demonstriert. Wie es auch auf Grund des oben gesagten zu erwarten war, ist die genannte Abhängigkeit beim Übergang von niedriger zur mittleren (bis zu 100 Ex. auf 2 cm^2) Populationsdichte besonders scharf ausgeprägt.

Zur weiteren Prüfung der gewonnenen Resultate hinsichtlich der Sterilität analysierten wir Populationen noch mehrerer von *Ch. salicis* besiedelten Zweigen, deren zwei wir hier als Beispiel anführen wollen.

Tabelle II.

Nr. der Probe	Populationsdichte	Zahl fertiler Weibchen	Zahl steriler Weibchen	Prozentsatz steriler Weibchen	Zahl lebender Weibchen	Zahl parasitierter Weibchen	Zahl der Männchen
1	6	6	0	0,0	0	0	0
2	10	10	0	0,0	0	0	0
3	13	12	1	7,7	0	0	0
4	14	11	1	8,3	2	0	0
5	33	27	5	15,6	1	0	0
6	38	31	7	18,4	0	0	0
7	42	36	6	14,3	0	0	0
8	60	48	12	20,0	0	0	4
9	62	49	13	21,0	0	0	0
10	105	69	33	32,3	3	0	0
11	110	66	41	38,3	3	0	0
12	115	74	38	33,9	3	0	0
13	145	79	48	37,8	18	0	0
14	162	99	50	33,6	13	0	0
15	209	119	80	40,2	9	1	0
16	244	116	93	44,5	19	0	6
17	300	138	142	50,7	20	0	0

Der erste von diesen ist noch dichter als der erstbeschriebene Zweig von Schildläusen bevölkert. Auch das Anwachsen des Prozentsatzes der sterilen Weibchen ist hier schärfer ausgeprägt: aus der Abb. 4 können wir ersehen, daß die Dispersion der Punkte verhältnismäßig gering ist. In der dazu gehörigen Tab. II finden wir eine Spalte, „lebende Weibchen" betitelt. Das kommt davon, daß der betreffende Zweig noch im August analysiert wurde, wobei ein kleiner Teil der Weibchen noch nicht dazu gekommen war, die Eiablage zu vollenden, um nachher zu sterben. Wir hatten auf diese Weibchen bei der Berechnung des Prozentsatzes der Sterilität verzichtet, da ihre Sterilität uns fraglich erschien.

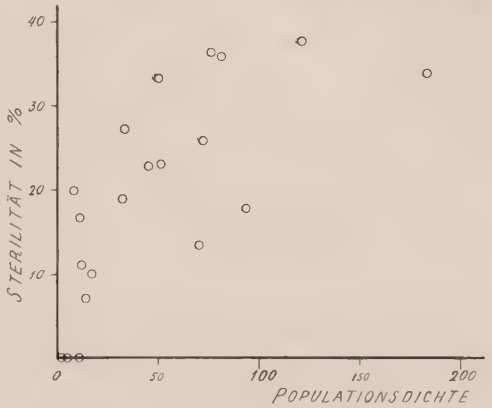


Abb. 5. Korrelation von Populationsdichte und Sterilität der Weibchen, III. Zweig.

Wenden wir uns nun dem letzten Beispiel (Tab. III und Abb. 5) zu. Hier vermissen wir die höheren Grade der Bevölkerungsdichte, die maximale ist nur 183 gleich. Dem-

Tabelle III.

Nr. der Probe	Populations-dichte	Zahl fertiler Weibchen	Zahl steriler Weibchen	Prozentsatz steriler Weibchen	Zahl der Männchen
1	2	2	0	0,0	0
2	5	5	0	0,0	0
3	8	4	1	20,0	2
4	11	5	1	16,7	5
5	11	10	0	0,0	1
6	12	8	1	11,1	3
7	14	13	1	7,1	0
8	17	9	1	10,0	7
9	32	17	4	19,0	8
10	33	16	6	27,3	11
11	45	27	8	22,9	9
12	50	26	13	33,3	11
13	51	30	9	23,1	10
14	70	45	7	13,5	15
15	72	40	14	25,9	15
16	76	35	20	36,4	16
17	81	41	23	35,9	12
18	83	46	10	17,9	13
19	121	51	31	37,8	31
20	183	105	54	34,0	19

entsprechend fehlen hier auch die höheren Werte der Sterilität der Weibchen, im Gegensatz zu beiden früher angeführten Beispielen.

Der gesetzmäßige Zusammenhang zwischen Bevölkerung und Sterilität ist ebenfalls weniger einsichtlich, was ja aus der starken Dispersion der Punkte der Abb. 5 ersichtlich ist.

Eine Übersicht der hier angeführten Beispiele, sowie derjenigen, welche wir wegen des Raummangels weggelassen haben, überzeugt uns davon, daß der Zusammenhang zwischen der Populationsdichte und Sterilität der Weibchen außer Zweifel steht. In einzelnen Fällen beträgt der Prozentsatz steriler Weibchen etwa die Hälfte der gesamten Bevölkerung. Bedauerlicherweise verhindert die Unbeständigkeit der Verbindungsform beider Variablen ihren exakten Ausdruck in Form von Gleichungen.

II.

Näheres Studium der sterilen Weibchen gestattete uns weitere Analogien mit *L. ulmi* festzustellen. Es gibt auch bei *Ch. salicis* zwei Arten von sterilen Formen, größere und kleinere. Die größeren sind nach Dimensionen ihrer Schilde den normalen, fruchtbaren Weibchen ähnlich. Dieses läßt sich aber nicht von ihrem Körper sagen. Bei fruchtbaren Weibchen (Abb. 6) schrumpft der Hinterleib nach der Ablage der Eier zusammen, woraus sich eine starke Verringerung der Dimensionen ergibt. Bei größeren sterilen (Abb. 7) findet nur eine unbedeutende Verringerung statt, sie bleiben nach dem Tode viel größer als die fruchtbaren, was aus einem Vergleich der Abb. 6 und 7 leicht zu ersehen ist: die heraus-

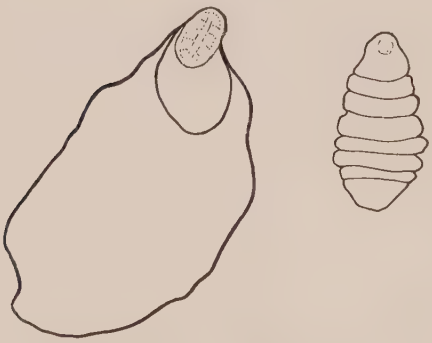


Abb. 6. Fruchtbares Weibchen und sein Schild.

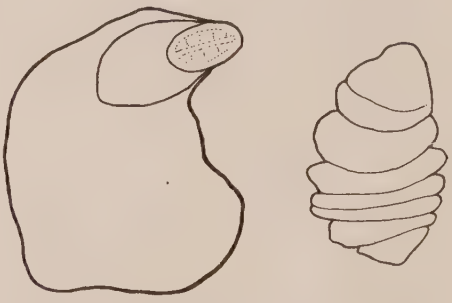


Abb. 7. Steriles Weibchen I. Gruppe und sein Schild.

gesonderten Körper sind hier ihren Schilden beigelegt. (Abb. 6—9 sind bei gleicher Vergrößerung ausgeführt worden.)

Die kleineren sterilen Weibchen (Abb. 8) lassen sich durch zwerghafte Dimensionen ihrer Körper und Schilde von den großen scharf unterscheiden. Der Schild und der Körper sind hier unterentwickelt, wobei der erstere nur unbedeutend den letzteren überragt. Es ist hier auch eine starke dorsoventrale Abplattung des Körpers bei toten Weibchen zu beachten.

Zum Zweck einer näheren Analyse der Erscheinung der Sterilität wurden mehrere sterile Weibchen seziert. Bei kleinen sterilen finden wir nur Anfangsstadien der Entwicklung des Genitalsystems: Eier sind nicht da. Anders verhalten sich die größeren sterilen Weibchen. Zwar treffen wir auch hier Fälle unvollkommener Entwicklung des Geschlechtssystems, wobei die Eier nur in Form von Anlagen vorhanden sind, das sind aber extreme Varianten. Im entgegengesetzten Fall erreichen die Eier das

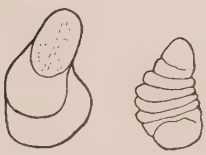


Abb. 8. Steriles Weibchen II. Gruppe und sein Schild.

Abb. 9. Steriles Weibchen I. Gruppe, voll von in seinem Körper verbleibenden Eiern.

Stadium normaler Ausbildung, werden aber nicht abgelegt. Man könnte hier nur in einem gewissen Sinne von Sterilität reden. Ein gutes Beispiel dafür ist das Weibchen auf Abb. 9. Der ganze Hinterleib ist hier mit Eiern vollgestopft, und kein einziges von ihnen abgelegt worden. Die beiden extremen Fälle sind durch zahlreiche Übergänge miteinander verbunden. Am häufigsten finden wir eine unternormale Eieranzahl, wobei die reifen darunter fehlen.

Wir haben ferner für manche Proben Häufigkeitskurven nach Eigelege-Klassen konstruiert. Falls wir dabei die sterilen Weibchen (Null-Klasse) vernachlässigen, so erhalten wir als Regel eingipfelige Kurven, welche von der normalen Gaußschen Kurve nicht besonders stark abweichen. In den Proben mit geringer Bevölkerung schadet auch das Hinzufügen der sterilen nicht, die Kurven bleiben der normalen nahe. Die Sachlage ändert sich aber bei mittlerer und hoher Bevölkerungsdichte: die 0-Werte ergeben hier einen besonderen, scharf ausgeprägten Gipfel. Die Kurve wird somit zu einer bimodalen. Daraus ist zu schließen, daß unter genannten Bedingungen sich eine besondere Gruppe ausbildet. Diese Tatsache verliert an ihrer Bedeutung auch angesichts der vorhandenen Übergänge nicht. (Zuweilen trifft man Weibchen, welche nur je ein einziges Ei abgelegt haben!) Denn die Übergänge können die Typen nicht aufheben.

Soweit die Erscheinung der Sterilität bei *Ch. salicis* dieselben charakterischen Züge wie bei *L. ulmi* aufweist, ist es gestattet, auch von einer Identität der bedingenden Faktoren in beiden Fällen zu sprechen. Am wahrscheinlichsten wäre die Vermutung, daß eine dichte Anhäufung von Insekten in einem eng begrenzten Bezirk den Kampf um die Nahrung und Raum intensiviziert. Das Gedränge ist bei *Ch. salicis* infolge ihrer

größeren Dimensionen noch stärker als bei *L. ulmi*. Die Läuse lagern mehrschichtig, und es ist öfters unter diesen Umständen keine leichte Sache, die Tiere voneinander loszutrennen. Was die Nahrung anbetrifft, so könnte der Mangel davon die Folge entweder einer Erschöpfung des dicht besiedelten Zweiges oder eines verhinderten Zutritts zur Nahrung sein (letzteres gilt insbesondere für obere Schichten der Läuse). Falls es dem so wäre, hätten wir leicht begreifen können, daß die ungünstigen Existenz-, darunter Ernährungsbedingungen, eine schädliche Einwirkung auch auf das Genitalsystem ausüben, — bis auf völliges Versagen der Eierentwicklung.

Auf Grund unserer Beobachtungen und Erwägungen kommen wir also zum Schluß, daß in der Massenvermehrung der Schildläuse ein Faktor enthalten ist, der das weitere Wachstum der Population automatisch reguliert. Wir sehen dabei natürlich von den Fällen ab, wo die Schildlaus sich auf Nachbarbäume ausbreitet und auf diese Weise immer neue und neue Bezirke besiedelt.

Über die Verpuppungsweise einiger Parasiten der Kieferneule (Panolis flammea Schiff).

Von

Dr. **Roman Kuntze.**

(Lwów, Institut für Forstschutz und Entomologie der Technischen Hochschule.)

(Mit 4 Abbildungen.)

Über die Biologie vieler Parasiten selbst der wichtigsten Forstschädlinge sind wir noch immer mangelhaft unterrichtet, trotzdem die Grundlagen dieses Forschungsgebietes der angewandten Entomologie schon vor hundert Jahren geschaffen wurden und auch in letzter Zeit schöne Erfolge zu verzeichnen sind. Zu den größten Schwierigkeiten dieses Gebietes gehörer bekanntlich: erstens, daß man gewöhnlich bei der Untersuchung der parasitierten Larven oder Puppen auf ziemlich weit in der Entwicklung fortgeschrittene Stadien des Parasiten trifft und für die Erhaltung der jüngeren meistens zur Zucht der Imagines der Parasiten und der Infizierung in der Zucht greifen muß, — zweitens, daß nach dem Herausnehmen einer Larve oder Puppe des Parasiten aus dem Wirt diese gewöhnlich zum Tode verurteilt ist und ihre Anknüpfung an die aus anderen Wirten gezogenen Imagines sich nur erst sekundär erraten läßt.

So ist es auch zu begreifen, daß auch von den zahlreichen Parasiten des klassischen Insekts der jetzigen forstentomologischen Literatur, der Kieferneule nur für zwei der ganze Entwicklungszyklus bekannt ist (und Sachtleben zählt in seiner Monographie deren bis 70 von den Hymenopteren und 10 Tachiniden), und zwar für die Tachine *Ernestia rudis* Fall. auf Grund der Arbeit Prells und für den Ichneumoniden *Banchus femoralis* Thoms. auf Grund der Arbeit von Błędowski und Kraińska. Es ist also klar, daß auf diesem Gebiet für die Entomologie noch vieles Neue zu beobachten und zu lösen ist.

Daher teile ich über die Verpuppung einiger Parasiten der Eule einige festgestellten Tatsachen mit, die ich in den letzten Jahren auf dem Material beobachten konnte, das aus Westpolen stammt und das bei der wieder aufsteigenden Vermehrung der Eule an unser Institut geschickt

wurde und das teils zur Feststellung des Parasitenbefalls für die Praxis teils zu wissenschaftlichen Untersuchungen in verschiedener Richtung bestimmt war[1]).

Der Verpuppungsbiologie nach zerfallen die in der Kieferneule parasitierenden Hymenopteren in zwei scharf voneinander zu trennende Gruppen: die einen beenden die gesamte Metamorphose in dem Wirt und verlassen ihn (im Raupen- oder Puppenstadium) als Imagines, während die anderen als vollentwickelte Larven aus dem Wirt (gleichfalls im Raupen- oder Puppenstadium) herausbrechen und sich außerhalb verpuppen. Meine Beobachtungen beziehen sich nur auf die zur ersten Gruppe gehörenden Ichneumoniden, und zwar auf *Aphanistes armatus* Wesm., *Ichneumon pachymerus* Hartig, *I. bilunulatus* Grav. und *Amblyteles radatorius* Ill.

A. *Aphanistes armatus* Wesm.

Bei dieser Art gestaltete sich die Sache folgendermaßen: Beim Untersuchen der Eulenpuppen im November traf ich in den einen auf eine Anzahl der Parasiten im Präpuppastadium, in den anderen auf halbentwickelte, (bis 7 mm lange) Ichneumonidenlarven. Was die ersten anbetrifft, fand ich, daß zwischen Präpuppen und der Schale der Eulenpuppe sich ein Kokon befindet, der sich besonders gut z. B. mit einer Nadel durch Abheben und Abreißen der Schale der Eulenpuppe sichtbar machen läßt[2]) (Abb. 1b). Beim Abziehen der Eulenpuppenschale wird der Parasitenkokon gewöhnlich im vordersten und hintersten Teil ein wenig beschädigt, wie die beigefügte Abbildung (Abb. 1c) zeigt. Er ist von gelblicher Farbe und aus mehreren Schichten gebaut, von welchen die äußerste faserartig und etwas zottenhaft ist, die innere dagegen einer glasartigen Membran ähnlich erscheint; eine genauere Zahl der Schichten kann aber nicht angegeben werden. Seinem Bau nach entspricht also der Kokon dem Gespinste der sich außerhalb des Wirtes verpuppenden Parasiten, wie z. B. des *Enicospilus ramidulus* L., doch ist er schwächer und dünner.

Abb. 1. *a* Eine Kieferneulenpuppe, in der ein *Aphanistes armatus* Wesm. steckt. *b* Eine Kieferneulenpuppe, in deren Kopfteil der Kokon des *Aphanistes* sichtbar gemacht worden ist. *c* Der aus der Kieferneulenpuppe herauspräparierte Kokon des *Aphanistes*.

[1]) Meinem Kollegen Dr. M. Nunberg, Warszawa, Abteilung für Forstentomologie der Versuchsanstalt der Staats-Forstdirektion, erlaube ich mir hiermit, für freundliches Zuschaffen eines Teils des Materials, aufs herzlichste zu danken.

[2]) Meinem Kollegen, Ing. M. Janiczek, bin ich für die Ausführung sämtlicher beigefügter Photographien äußerst verpflichtet.

Wenn die Eulenpuppen aus den Sendungen, die eine größere Anzahl oben beschriebene Parasitengespinste enthielten, im geheizten Zimmer im Dezember und Januar gehalten wurden, so schlüpfte in 3—5 Wochen *Aphanistes armatus* Wesm. Sogleich nach dem Erscheinen der Parasitenimagines wurden in den einzelnen Zuchtbehältern unter den Eulenpuppen die von Parasiten verlassenen herausgesucht. — Sie waren am Kopfteil durch ein kreisrundes Deckelchen geöffnet und unter der Eulenpuppenschale befand sich der Rest des Parasitenkokons, womit die Zugehörigkeit des *Aphanistes armatus* Wesm. zu den beobachteten Kokons festgestellt worden ist.

Abb. 2. *a* Die Praepuppa von *Aphanistes armatus* Wesm. *b* Eine von diesem Parasiten verlassene Eulenpuppe. *c* Imago desselben Parasiten.

Hier möchte ich auch noch nebenbei bemerken, daß die Determination des *Aphanistes* nach Schmiedeknechts „Hymenopteren" und „Opuscula Ichneumonologica" zuerst auf eine Schwierigkeit stieß. Die morphologischen Merkmale stimmten zwar gut, aber die von Schmiedeknecht als Gattungsunterschied gegen *Anomalon* angegebene rote Fühlerfarbe war nicht da. Die Fühler waren nämlich bei sämtlichen beobachteten Stücken (ca. 50) schwärzlich und nur am Basalteil auf der Unterseite rötlich. (Bei Schmiedeknecht heißt es: Geißel ganz oder größtenteils rötlich.) Dank der freundlichen Hilfe Herrn Dr. H. Sachtlebens (Berlin-Dahlem, Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft) bekam ich zum Vergleich 4 Stücke des *Aphanistes*, die in den morphologischen Merkmalen mit den meinen aufs beste überein stimmten, während ihre Fühlerfarbe ein wenig heller, mehr rötlichbraun war, aber auch schon eine Variabilität zeigten. Ich fand also meine Determination bestätigt. Übrigens muß man schon nach den Literaturangaben eine Variabilität der Fühlerfarbe bei *Aphanistes* in der Richtung nach der dunklen hin annehmen, wenn man als sein Synonym den *Anomalon xanthopus* Grav. Ratzeburgs betrachtet, den Ratzeburg eben zu der Gruppe II B des Genus *Anomalon* zuteilt, die sich durch „ganz schwarze oder schwarzbraune Fühler" auszeichnet.

Wenn wir jetzt nach obigen Bemerkungen zu den eigentlichen Thema zurückkehren, so scheint auf den ersten Blick die Kokonverpuppung des *Aphanistes* in einem Widerspruch mit der verbreiteten Meinung zu sein, daß die sich im Wirt verpuppenden parasitischen Hymenopteren keinen Kokon spinnen im Gegensatz zu den sich „außerhalb Verpuppenden". Bei einer an sich geschützt liegenden Puppe (sc. des Wirtes) „mag der Kokon" (sc. für den Parasiten) „überflüssig erscheinen" sagt z. B. Bischoff in seiner zusammenfassenden Biologie der Hymenopteren, und warnt vor zahlreichen hier möglichen falschen Schlüssen, obgleich er klar nur die Ichneumoninen und Trigonaloiden als „scheinbar regelmäßig" kokonlose nennt. Stellwaag nimmt in seinem Buch über die Schmarotzerwespen zu der Sache keine Stellung, da er nur „die Eiparasiten und Puppen-

schmarotzer *(Pimplinen)* „als die sich innerhalb des Wirtes Verpuppenden nennt. Aber in seinem Buch finden wir die Anführung der alten Ratzeburgschen, später von Boas vervollständigten Beschreibung der Verpuppung des Parasiten des Kiefernspinners, des *Exochilum circumflexum* L. (wohl richtiger des *E. giganteum* Grav. nach neueren Meinungen), bei der die Parasitenpuppe von einem Gespinst umgeben ist, um welches sich „die trockene Leibeswand der Wirtspuppe" schließt. Ratzeburg selbst bezeichnet das Gespinst, als „ein trockener zarter, durchsichtiger Kokon, welcher nicht ganz fest an den inneren Wandungen der Spinnerpuppe liegt, sondern sie nur mit einzelnen faserigen Fäden berührt".

Einen anderen anschließenden Punkt finde ich in der Beschreibung der Biologie des Kiefernspannersparasiten, des *Anomalon biguttatum* Grav. durch Seitner. Dieser schreibt nämlich „Vor der Verwandlung zur Puppe kleidet die Larve die Innenwand des nunmehr etwas erhärteten Puppengehäuses mit einem leichten, zarten, weichen Gespinste aus".

Obige eigene und aus der Literatur übernommenen Beobachtungen zusammenfassend, wissen wir also, daß bei drei sich in den Puppen der Lepidopteren verpuppenden Ichneumoniden, dem *Exochilum giganteum* Grav., dem *Anomalon biguttatum* Grav. und dem *Aphanistes armatus* Wesm. die Larven sich ein Gespinst verfertigen. Alle drei genannten Arten gehören zu verschiedenen, doch sehr nahe verwandten Gattungen des Tribus *Anomalonini* der Subfamilie *Ophioninae*, was noch unten erörtert werden wird.

Praktischerseits will ich noch bemerken, daß die von *Aphanistes armatus* Wesm. besetzten Eulenpuppen im Herbst und Winter sich gut äußerlich erkennen lassen, da der Hinterleibsteil bei merklich sich voneinander absetzenden Segmenten lang ausgezogen ist, wie es schon an den durch andere Ichneumoniden besetzten Puppen beobachtet wurde. (So für die Puppen des Kiefernspanners bei Infizierung durch *Ichneumon nigritarius* Grav. nach Eidmann.)

Endlich füge ich hinzu, daß in meinem Material im Winter 1932/33 die Anzahl der von *Aphanistes* besetzten Puppen bis 5% betrug.

B. *Ichneumon pachymerus* Hart. und *I. bilunulatus* Grav.

Im voraus muß ich bemerken, daß meine Beobachtungen nur für diejenigen Individuen der genannten *Ichneumon*-Arten gelten, die in den Eulenpuppen überwintern, da bekanntlich besonders bei der ersten Art ein Teil der Individuen schon im Spätsommer zur Imago entwickelt die Wirtspuppe verläßt, wobei ihre weiteren Schicksale ziemlich ungeklärt sind.

Wenn ich nämlich im Herbst und Winter die Eulenpuppen untersuchte, fand ich außer den oben beschriebenen *Aphanistes*-Präpuppen zahlreiche halberwachsen Ichneumoniden-Larven. Diese steckten nämlich in solchen Eulenpuppen, die äußerlich keine Anzeichen der Infizierung verrieten und beim Zerschneiden schon gut entwickelte imaginalen Organe

der Eule enthielten, wie die Abdominalsegmente, Flügelanlagen, Kopf, Fühler u. dgl. Die Parasitenlarve steckte im Eulenhinterleib vor der Thoraxanlage. Anfangs nahm ich an, daß im vorliegenden Fall die Metamorphose des Wirts den Parasiten in seiner Entwicklung überrascht habe und daß dieser dem Tode geweiht sei. Nachdem jedoch das Material einige Wochen im geheizten Zimmer gelegen war, fand ich bei neueren Untersuchungen in derselben Lage schon die Präpuppen und später schon eine sich eben ausfärbende Imago eines Ichneumons, natürlich frei ohne je ein Gespinst. Nach längerer Zeit schlüpften aus dem Material die beiden *Ichneumon*-Arten, nämlich *Ichneumon bilunulatus* Grav. und *I. pachymerus* Hart. Da die gesamte Entwicklung dieser Arten im geheizten Zimmer 3—6 Wochen beträgt, schlüpfen sie meist ein wenig später als *Aphanistes*, was natürlich mit der schon im Herbst fortgeschrittenen Entwicklung des letzten in Beziehung steht.

Beim Beschauen der von den beiden *Ichneumon*-Arten verlassenen Eulenpuppen ist sogleich ein merklicher Unterschied im Vergleich mit den von *Aphanistes* verlassenen zu konstatieren, während ich zwischen *pachymerus* und *bilunulatus* keinen Unterschied bemerken konnte und auch nicht glaube, daß ein solcher wirklich vorkommen würde. Bei den von *Aphanistes* verlassenen Puppen ist nämlich der Rest seines Kokons leicht aufzufinden, wie es oben beschrieben wurde, bei den von Ichneumonen verlassenen dagegen die Reste der imaginalen Anlagen der Kieferneule. *Aphanistes* füllt im Präpuppastadium die Eulenpuppe bis zum Vorderteil und die von ihm abgebissene Öffnung liegt ganz vorne, wie es auf der Abb. 2 zu sehen ist. Die *Ichneumon*-Arten dagegen liegen im Puppenstadium im Hinterleib der Eulenimagoanlage und reichen nicht bis zum Thorax und Kopfteil. Sie beißen also die Eulenpuppe weiter gegen das Hinterleibsende hin durch und im abgebissenen Deckelchen sind der Thorax- und Kopfrest der Eule in vermodertem Zustand, im Hinterleibsteil aber auch die Reste des Hinterleibes der Eule und in ihnen die ausgeworfene Kotmasse des Parasiten aufzufinden. Außerdem muß bemerkt werden, daß die Lage des Querschnittes da, wo ein *Ichneumon* die Wirtspuppe zerbeißt, ein bißchen variabel ist, wie es die Abbildungen der Abb. 3 zeigen. (Sachtleben macht auch über verschiedene Lage des abgebissenen Deckelchens aufmerksam, indem er über den *I. pachymerus* Hart. spricht: „Von der Größe des Parasiten und seiner Lage im Innern der Wirtspuppe hängt es ab, in welcher Höhe der Deckel abgeschnitten wird.“) Häufig sind die Fälle, wo der Deckel nicht gänzlich abgebissen wird, sondern der Schnitt einseitig in ein unregelmäßiges Loch erweitert ist (Abb. 3c).

Diese Ergebnisse meiner obigen Beobachtungen überraschten mich bis zu einem gewissen Grade, da ich mich aus meiner Erfahrung über andere *Ichneumon*-Arten (so über den Parasiten des Kiefernschwärmers *Ichneumon pisorius* L. und über die Kiefernspannerparasiten: *I. nigritarius* Grav.

event. auch *I. locutor* Thunb.)[1]) an nichts ähnliches erinnern konnte. Im Gegenteil, die im Herbst und Winter gesammelten Puppen obiger Lepidopteren zeigen ja schon äußerlich gut die Infizierung durch die Ichneumonen, nämlich durch ihre steifen und langgezogenen Hinterleibssegmente. Der Vorderteil der Puppe ist in diesen Fällen ausgehöhlt, was z. B. die Spannerpuppen gut durchscheinbar macht.[2])

Bis zu einem gewissen Grade läßt sich diese beobachtete Differenz mit dem Zustand der Wirtspuppen erklären. Die Kieferneulenraupe verläßt nämlich am frühesten von allen drei hier in Betracht gezogenen Wirten die Baumkrone und begibt sich zur Verpuppung in die Streu- und Moosdecke. Sie tut es schon gegen Ende Juli, während der Kiefernschwärmer bis Oktober, der Kiefernspanner bis November als Raupen in

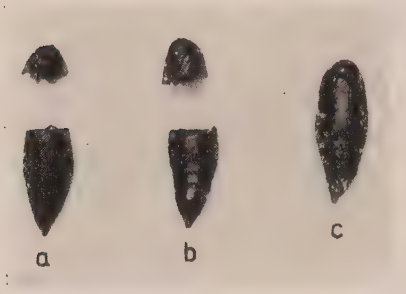


Abb. 3. Die auf verschiedene Weise von den *Ichneumon*-Arten beim Ausschlüpfen durchgebissenen Eulenpuppen. *a* mit einem kürzeren, *b* mit einem längeren Deckelchen, *c* mit einseitig durchgebissener Spaltöffnung seitwärts gesehen.

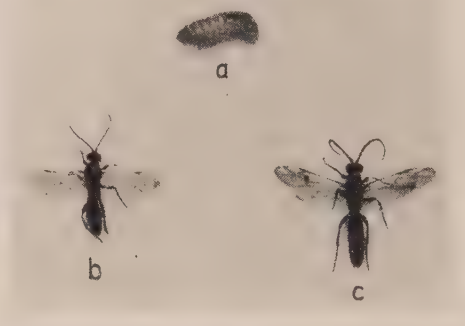


Abb. 4. *a* Die erwachsene Larve einer in der Kieferneule parasitierenden *Ichneumon*-Art. *b Ichneumon bilunulatus* Grav. ♂. *c Ichneumon pachymerus* Hart. ♂.

den Baumkronen leben. In der Eulenpuppe wird schon im Spätsommer und Herbst die innere Metamorphose bis zum Abschluß gebracht, während sich die Kiefernspanner- und Kiefernschwärmerpuppe den Winter hindurch im Zustand einer Histolyse befinden und erst im Frühling die Imaginalentwicklung abhalten. Die *Ichneumonen*-Larven paßten daher ihre Entwicklung der Entwicklung der Raupe und der Puppe der Wirte an und die schnelle innere Metamorphose der Kieferneule hindert sie nicht an ihrer Entwicklung im schon imaginalen Hinterleib der Wirtspuppe. Nichtsdestoweniger muß hier auch das spezifische Entwicklungstempo

[1]) Für die von *Ichneumon locutor* Thunb. infizierten Spannerpuppen kann ich nämlich ihr Verhalten vor dem Ausschlüpfen des Parasiten nicht mit Sicherheit angeben, da ich aus meinen früheren Beobachtungen nur eine einzige von dieser Art verlassene Puppe besitze, die ganz ähnlich wie die von *I. nigritarius* Grav. verlassene beschaffen ist, während ein Differenzieren der Larven gegen den weit häufigeren *nigritarius* nicht ausführbar ist.

[2]) Eidmann spricht über den *Ichneumon nigritarius* Grav.: „Der Parasit zehrt die letzten Reste der Körpersubstanzen seines Wirtes auf."

der einzelnen Parasiten beachtet werden, da die *Aphanistes*-Larve eine größere Entwicklungsgeschwindigkeit als die *Ichneumon*-Larve aufweist, der Metarmophose der Eule voraneilt und schon im Herbst sich bis zum Präpuppenstadium entwickelt.

Vereinzelt steht der beschriebene Fall der Entwicklung der beiden *Ichneumon*-Arten in dem Sinne nicht, da auch Fälle bekannt sind, in welchen der Wirt seine Metamorphose vollkommen beendet und der Parasit erst aus der schon geschlüpften Imago herausbricht. So zählt schon Ratzeburg Fälle auf, wo nach Westwood der *Microtonus terminalis* Westw. die *Coccinela 7-punctata* L., einige Braconiden gewisse Rüsselkäfer, nach Graff und Rick leider spezifisch nicht genannte „Ichneumonen" gleichfalls nicht näher genannte Eulen, und nach eigenen Beobachtungen Ratzeburgs ein *Phygadeuon pteronorum* Hart. den *Lophyrus pini* L. erst im Imagostadium des Wirtes verließen. Zu den Fällen zählen Stellwaag und Bischoff *Locusta viridissima* L., *Meconema varium* F., *Arctia caja* F. und *Pieris rapae* L. in bezug auf *Apanteles* als Parasiten und die Beherbergung von Parasiten durch entwickelte Blatt- und Schildläuse.

Ratzeburg hat äußerst scharf 6 Stufen unterschieden nach den Stadien, in welchen der Wirt abstirbt. Ich glaube, daß meine Fälle des *Aphanistes* und der beiden *Ichneumon*-Arten eine weitere Aufteilung seiner 5. Eventualität verlangen. Im Punkto 4 spricht nämlich Ratzeburg von dem Absterben der Wirte: „Sie sterben nachdem sie sich versponnen haben, aber noch vor der Verpuppung", im Punkto 5: „Sie sterben erst als Puppen, und zwar würde in dieser Beziehung noch der Unterschied zu machen sein, daß sie ihren Gast erst in der Puppe erhielten, wie z. B. die größeren Pimplen, *Trogus*, oder daß sie ihn schon als Larven hatten und in die Puppe mit hinübernahmen, wie die *Anomalon*, *Ichneumon*, *Mesochorus*." Im Punkto 6 endlich „sie — d. h. die Wirte — erreichen den Zustand der Imago".

Nachdem die zitierten Punkte 4. und 6. für die oben beschriebenen Fälle nicht in Betracht kommen, da 4. die Spinner und Blattwespen als Wirte betrifft und 6. schon eine weitere Entwicklung des Wirtes bespricht, fallen die Verpuppungsweisen der von mir besprochenen Eulenparasiten und das Absterben der Eule unter Punkt 5 Ratzeburgs. Doch muß man dann in diesem Punkte zwei — übrigens andere, als die von Ratzeburg angeführten — Varianten unterscheiden, weil eben die Metamorphose des Wirts verschieden weit gedeihen kann. Sie wird nämlich entweder wie beim *Aphanistes armatus* Wesm. im Zustand der Histolyse durch die Entwicklung des Parasiten und durch das Absterben des Wirtes abgebrochen, oder sie erreicht noch die Ausbildung der imaginalen Organisation und wird erst hier durch obige Prozesse aufgehalten, wie bei den obigen beiden *Ichneumon*-Arten der Eule.

C. *Amblyteles vadatorius* Ill.

Von diesem seltenen Parasiten der Kieferneule kann ich nur einen Fall anführen, bei dem aus einer Eulenpuppe der genannte Parasit im September schlüpfte. Er gehört also zu den im Herbst die Wirtspuppe verlassenden Ichnenmoniden. Wie aus der mir erst später gelieferten Puppe zu sehen ist, ist die Entwicklung dieser *Amblyteles*-Art jener von den Ichneumonen der Eule ähnlich, denn in der Puppe sind die Reste der Eule zu sehen, doch scheint ihre Metamorphose nicht so weit fortgeschritten zu sein, wie bei den oben besprochenen Fällen.

Schlußbetrachtungen.

Zu der außerordentlich reichen Mannigfaltigkeit der Biologie der parasitischen Hymenopteren — glaube ich einen neuen Beitrag geliefert zu haben. Die Parasiten derselben Wirtsart zeigen nämlich, obwohl sie gleichzeitig den Winter in der Wirtspuppe überdauern, doch ganz andere Verpuppungsweisen, indem nämlich der eine *(Aphanistes)* sich in einen Kokon einspinnt und der inneren Methamorphose der Eule voraneilt, die anderen (die *Ichneumon*-Arten) in der schon in der Metamorphose weit fortgeschrittenen Eule sich ohne Gespinst verpuppen. Als Leitmotiv dieser Unterschiede kann hier nicht eine zweckmäßige Anpassung beim gleichen Wirt und in eben demselben Stadium gemeint werden, sondern biologische Eigentümlichkeit der systematisch verschiedenen Parasiten, welche entscheidet, daß die Ophioninen sowohl beim äußeren wie beim inneren Verpuppen sich einspinnen, die Ichneumoninen kokonlos in der Wirtspuppe sich verwandeln.

Für die Praxis, und zwar für die prognostische Untersuchung der überwinternden Schädlingspuppen, möchte ich hier nur eines speziell betonen. Es müssen zwischen den in Betracht kommenden Parasiten zwei Kategorien unterschieden werden. Bei den einen sind die infizierten Puppen schon äußerlich zu erkennen, bei den anderen kann erst das Zerschneiden die Feststellung der Parasitierung ermöglichen.[1]) Die besprochenen Eulenparasiten geben uns nämlich gute Beispiele für diese zwei Kategorien.

Schließend möchte ich noch bemerken, daß durch obige Feststellungen ein wenig die Verpuppungsbiologie einiger Arten geklärt wurde, deren jüngere Stadien noch gänzlich unbekannt sind.

---

[1]) Den krassesten Fall dieser Kategorie bieten unter den Kiefernspannerparasiten: *Anomalon biguttatum* Grav., *Heteropelma calcator* Wesm., *Lydella nigripes* Fall., was schon einerseits Seitner und anderseits ich und E. Czerwiński in einer früheren Arbeit besprochen haben.

Literatur.

Bemerkung: Aus der überreichen Kieferneulen-Literatur, die übrigens in der Monographie Sachtlebens zusammengestellt ist, zitiere ich nur die Arbeiten, welche die hier speziell besprochenen Fragen berühren.

Bischoff, H., Die Biologie der Hymenopteren. Biologische Studienbücher V, Berlin 1927.

Czerwiński, E., und Kuntze, R., Beitrag zur Methodik der Untersuchung des Parasitenbefalls bei dem Kiefernspanner *Bupalus piniarius* L. (Sylwan 1930.) Polnisch mit deutscher Zusammenfassung, deren wesentliches in K. Escherichs Forstinsekten Mitteleuropas, Bd. III, angegeben ist.

Eidmann, H., Der Kiefernspanner in Bayern im Jahre 1925, mit besonderer Berücksichtigung des Parasitenproblems. Zeitschr. f. angew. Ent. Bd. 12, 1926.

Ratzeburg, J., Die Ichneumonen der Forstinsekten in forstlicher und entomologischer Beziehung. Berlin 1844.

Sachtleben, H., Die Forleule *Panolis flammea* Schiff. Monographien zum Pflanzenschutz 3, Berlin 1929.

Schmiedeknecht, O., Die Hymenopteren Nord- und Mitteleuropas. 2. Aufl., Jena 1930.

— — Opuscula Ichneumonologica. IV. Bd.: Ophioninae. Blankenburg i. Th. 1908—1911.

Seitner, M., Der Kiefernspanner in Galizien 1915/17. Centralbl. f. d. ges. Forstwesen 47. Jahrg., 1921.

Sitowski, L., Über die Parasiten der Art *Dendrolimus pini* L. und *Lymantria monacha* L. Roczniki Nauk Rolniczych i Leśnych 1928. (Polnisch mit einer deutschen Zusammenfassung, betrifft *Exochilum giganteum* Grav.)

Stellwaag, F., Die Schmarotzerwespen (Schlüpfwespen) als Parasiten. Monographien z. angew. Ent. Nr. 6, Berlin 1921.

Wolff, M., und Krauße, A., Die Krankheiten der Forleule und ihre prognostische Bedeutung für die Praxis. Heger-Verlag, Breslau 1924.

Nachtrag während der Korrektur.

Während der Drucklegung konnte ich im August 1933 an frisch verpuppten Kieferneulen Beobachtungen machen, die sich an das Mitgeteilte folgendermaßen anschließen:

Ich fand in frischen Puppen, bei denen die Eulenimagoanlagen noch unausgefärbt (weißlich) sind, kleine *Ichneumonen*-Larven, die mit den im Winter gefundenen identisch und also als überwinternde Larven des *Ichneumon pachymerus* Hart. und *I. bilunulatus* Grav. zu deuten sind. Außerdem finde ich diese Ichneumonen im Puppenstadium, und einige sind schon jetzt (Ende August) in den Zuchtkästen geschlüpft. Es sind dies also die sich vorzeitig entwickelnden Individuen beider Arten, die vor dem Winter ihre Metamorphose beenden und schlüpfen, wie ich schon oben erwähnt habe. Sie bilden in meinem Material weniger als 10% des gesamten Parasitenbefalls der Eulenpuppen. Bei diesen Eulenpuppen ist die Ausbildung der imaginalen Anlagen nicht so weit wie bei den erstgenannten gediehen. Doch sind auch in ihnen zwischen der Eulenpuppenschale und dem Parasiten im Vorderteil der Puppe Gewebereste zu finden, die auch nur als Anlagen des Integuments des Kopfs und des Thorax der Eulenimago gedeutet werden müssen. Also auch bei dieser vorzeitigen

Metamorphose eines Teils der Individuen der beiden *Ichneumon*-Arten geht die Metamorphose der Wirtspuppe weiter als bei dem Befall von *Aphanistes* und auch hier wird ein Rest von dem Gewebe des Wirtes als unausgenützt neben dem Parasiten gefunden. Einige entwickelte Larven, bei denen ich keine Reste des Eulenimagogewebes auffand, halte ich gemäß den Untersuchungen des Wintermaterials für Larven des *Aphanistes armatus* Wesm., die sich noch nicht eingesponnen haben.

Nebenbei kann erwähnt werden, daß die Gradation des Parasitenbefalls während der Eulenmassenvermehrung in Polen in den Jahren 1930 bis 1933 ganz klasssich verlief und daß das Jahr 1933 schon die Krise darstellt, in dem ich die Eulenpuppensendungen schon bis 90% von Parasiten, und zwar meistens von den überwinternden Larven der beiden *Ichneumon*-Arten, besetzt finde, während in den vorigen Jahren der Befall niedriger war, so z. B. in dem Jahre 1930 an denselben Orten etwa 30%. Über das Auftreten der sich außerhalb der Eulenpuppe verwandelnden Parasiten kann ich auf Grund des erhaltenen Materials nicht urteilen, doch sah ich in Eulenrevieren im Juni 1933 (bei den in diesem Jahr verspäteten Flugzeiten) eine Unmasse von der wichtigsten Eulentachine, der *Ernestia rudis* Panz.

Die Entwicklung einer Aedinenplage im Sommer 1932 in Swinemünde.

Von

Dr. **W. Herold,** Swinemünde.

(Mit 3 Abbildungen.)

Gelegentlich eines Vortrages auf der zweiten Wanderversammlung Deutscher Entomologen in Stettin 1927 (Entomol. Mitt. 16, 1927, S. 380 und 382) hatte ich auf Grund mehrjähriger Beobachtungen feststellen können, daß die großen Mückenplagen, unter denen Swinemünde und die meisten anderen Badeorte der Inseln Usedom und Wollin von Zeit zu Zeit zu leiden haben, nicht durch die mit der Winterbekämpfung und den sommerlichen Spritzverfahren erfaßbaren *Culicinen* und *Anophelinen* sondern durch *Aedinen* verschiedener Art, vorwiegend durch eine bestimmte Art, hervorgerufen werden. Seit April 1919, zu welchem Zeitpunkte meine Beobachtungen in Swinemünde einsetzten, waren solche Plagen in den Jahren 1919, 1921, 1922 und 1926 aufgetreten, und zwar war jeweils nur eine im Jahre beobachtet worden. Der Beginn dieser Mückenplagen fiel in die Monate Juni bis August, ihre Dauer schwankte zwischen etwa 14 Tagen und 2 Monaten. Im letzten Falle (1921) ist es schon zweifelhaft, ob nicht 2 Mückengenerationen am Zustandekommen der Plage beteiligt sind. Ende der ersten und Anfang der zweiten hätten sich dann überdeckt. Das schlagartige Auftreten der *Aedes*-Schwärme in Swinemünde in den genannten, sowie das Fehlen fast jeder Mückenplage im Stadtgebiet in den übrigen Jahren hatte ich nach den örtlichen Verhältnissen, insbesondere nach den am Brutgebiet der die Schwärme der großen Plage fast ausschließlich stellenden Art, im Wiesengelände östlich und südöstlich Swinemündes, herrschenden Zuständen folgendermaßen zu erklären gesucht (l. c. S. 382): „Für die Entstehung von *dorsalis*-Plagen in Swinemünde ist es also erforderlich, daß 1. durch Stauwind die Gebiete der Eiablage der *dorsalis* unter Wasser gesetzt werden, daß 2. Zeitdauer der Überschwemmung und Temperatur für die Entwicklung bis zur Imago ausreichen, und daß 3. nach dem Schlüpfen der Imagines südliche und südöstliche Winde einsetzen. Die Vielheit und Reihenfolge der nötigen

Bedingungen erklärt meines Erachtens das gelegentliche Fehlen dieser Plage, wie in den Jahren 1923—1925, die Größe des Gebiets den Umfang der Plagen in solchen Jahren, in denen die Vorbedingungen eintreffen."

Die seinerzeit freudlichst durch Herrn Prof. Martini, Hamburg, vorgenommene Bestimmung der Art als *dorsalis* ist allerdings zu berichtigen. Es handelt sich bei der Erregerin der hauptsächlichsten Plagen in Swinemünde um die der *Aedes dorsalis* Meigen sehr nahestehende Art *Aedes caspius* Pallas, wie ich einer brieflichen Mitteilung des Herrn Dr. Peus, Berlin, entnehmen kann. Die Notwendigkeit einer Berichtigung ergibt sich aus dem Umstande, „daß die scharfe Trennung erst durch sehr junge Arbeiten Edwards ermöglicht wurde", während bis vor einigen Jahren „*dorsalis* und *caspius* unter dem Namen ‚*dorsalis*' in einen Topf geworfen wurden" (Peus briefl. 12. 12. 32). Derselbe Autor hat auch Tiere aus der im folgenden behandelten August-Generation des Jahres 1932 als *caspius* bestimmt und kennt diese Art nicht nur von Usedom, dem Darß, Warnemünde und anderen Gebieten im Brackwasserbereich, sondern gibt sie als besonders charakteristisch für die Inundationsgebiete der deutschen Flüsse und Ströme an, in denen diese euryhaline Art, wenn die Wasserverhältnisse es erlauben, wenigstens 2 Generationen entwickeln soll. Die großen Mückenplagen Swinemündes dürften also alle vorwiegend oder ausschließlich *caspius*-Plagen sein.

Eine solche größere Plage durch *caspius* hat nach einem Zwischenraum von 6 Jahren wieder der Sommer 1932 gebracht. Sie dauerte zwar diesmal kaum 10 Tage an, ließ aber in ihrer Entstehung und ihrem Verlauf so klar die Abhängigkeit von den in meiner ersten Mitteilung genannten Bedingungen erkennen, daß sie fast als Schulbeispiel bezeichnet werden kann.

Nachdem im ganzen Verlaufe des Frühlings und Sommers 1932 in Swinemünde-Stadt und -Strand einschließlich des Kurparks nur vereinzelt Mücken aufgetreten waren, tauchten am Morgen des 21. August 1932 schlagartig größere Mückenschwärme auf, die im Hafengebiet, in der Altstadt, später auch am Strande und im Kurpark sehr lästig wurden. Die Belästigung dauerte etwa bis zum Ende des Monats August, in den ersten Tagen des September waren die Mücken vollständig verschwunden. Da ich den Zeitpunkt ihres ersten Auftretens in diesem Jahre fast auf die Stunde genau hatte beobachten können, war ich in der Lage, mit größerer Exaktheit als es mir bisher möglich war, die Bedingungen zu untersuchen, die zur Entstehung der Plage geführt hatten.

Im Südosten der Stadt Swinemünde (s. Abb. 1) erstreckt sich innerhalb des Rückstromdeltas der alten Swine ein von W nach E etwa 9 km langes, von N nach S etwa 5 km breites Wiesengelände (in der Kartenskizze punktiert), das infolge seiner niedrigen Lage und mangelnden Eindeichung häufig Überschwemmungen ausgesetzt ist. Sobald der im Osten des Gebiets gelegene Pegel von Lebbin höhere Wasserstände als 120 cm

anzeigt, gerät der größte Teil des Wiesengeländes unter Wasser. Auch wenn am Pegel der Wasserstand schon wieder unter 120 gesunken ist, vergeht eine geraume Zeit, bis das Wiesengelände auftrocknet. Einigermaßen günstige Temperatur vorausgesetzt wird also eine einmalige Überschwemmung wohl immer dazu ausreichen, die Entwicklung des *caspius* vom Ei zur Imago zu ermöglichen. Über die Länge der Entwicklungsdauer dieser Art bei günstiger Temperatur finde ich zwar in der mir verfügbaren Literatur keine Angabe, doch darf wohl angenommen werden, daß *caspius* sich hierin ähnlich wie die nahe verwandte *Aedes rexans* Meigen verhält, für die Eckstein[1]) eine Gesamtentwicklungsdauer von

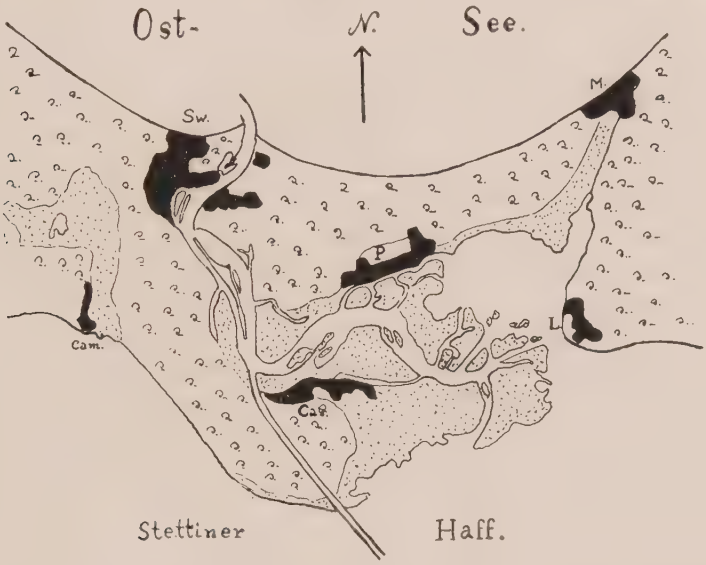


Abb. 1. Skizze des Brutgebiets von *Aedes caspius* Pall. bei Swinemünde.
Cam. = Camminke; *Cas.* = Caseburg; *L.* = Lebbin; *M.* = Misdroy; *P.* = Pritter; *Sw.* = Swinemünde.
Näheres im Text.

8—10 Tagen angibt. Auch Peus stimmt meiner Ansicht zu und schreibt: „die typischen Überschwemmungsbrüter" — „entwickeln sich erstaunlich schnell, zumal wenn Nahrung und Temperatur günstig sind. *Aedes stricticus* und *nigrinus* haben die gleiche kurze Zeitdauer" (briefl. 21. 12. 32).

Untersuchen wir nun die besonderen Bedingungen dieses Sommers für die Entstehung von *caspius*-Plagen in Swinemünde in der eingangs genannten Reihenfolge.[2]) Erstes Erfordernis ist die Überschwemmung des

[1]) Eckstein, Fr., Die einheimischen Stechmücken. Einzeldarstellungen aus dem Gebiet der angewandten Naturwissenschaften Nr. 3. München 1920, S. 46.

[2]) Die erforderlichen Pegelwerte verdanke ich dem Schiffahrtsamt Swinemünde, die meteorologischen Daten der hiesigen Wetterstation, deren Leiter, Herrn Oberstudienrat Schroeder, ich für die Überlassung seiner Beobachtungstagebücher zu besonderem Danke verpflichtet bin.

Brutgebiets der Mücke. In Abb. 2 zeigt die punktierte Linie (W) den Wasserstand nach den Pegelablesungen von Lebbin auf Wollin für die Monate Juni bis August. Die durchschnittliche Wiesenhöhe (120 cm über P Null des Pegels Lebbin) ist durch eine waagerechte, gestrichelt gezeichnete, Linie hervorgehoben. Die Pegelausweise ergeben, daß die Wasserstände im Juni und Juli 1932 zum Teil merklich unter der Wiesenhöhe bleiben. Erst am 8. August wird das 120-cm-Niveau überschritten (bis 132 cm). Am 12. August sinkt dann das Wasser wieder unter Wiesenhöhe. Der nochmalige kurze Anstieg auf 120 cm am 24. August kommt für die vorliegende Untersuchung nicht mehr in Betracht.

Vergleichsweise seien noch die Daten des im Westen des Gebietes gelegenen Pegels an der Caseburger Fähre berücksichtigt, obwohl sie in der Hauptsache nur für das unmittelbar an die Kaiserfahrt angrenzende unbedeutendere Wiesengelände ausschlaggebend sind. Die Kurve der Wasserstände zeigt hier im allgemeinen gleichsinnigen Verlauf wie am Pegel Lebbin, nur liegt sie etwas höher. So reichen die Wasserstände hier schon zwischen dem 20. Juli und 25. Juli einmal über Wiesenhöhe hinaus und die 120 cm überschreitenden Pegelstände des August dauern vom 8. August bis zum 15. August.

Das starke Ansteigen des Wassers am 8. August ist durch Windstau zu erklären. Abgesehen davon, daß die Mittagsbeobachtungen an den Pegeln Lebbin und Caseburger Fähre vom 3. August bis 10. August bis auf einen Fall (Caseburger Fähre 9. August WSW) nur WNW, NW und N als Windrichtungen verzeichnen, ist aus den 3mal täglich erfolgenden Ablesungen der Wetterwarte Swinemünde zu ersehen, daß unter den 24 Daten dieser Tage nur 5mal südwestliche Winde mit Stärken von 1,2 bis 2,8 vorkommen. Alle anderen Angaben vermerken westliche und nördliche Winde, von denen besonders die aus der Richtung WNW am 8., 9. und 10. August wehenden Stärken zwischen 5 und 6,2 aufweisen.

Daß die Zeitdauer der Überschwemmung durch einen vom 8. August bis 11. August währenden Wasserstand über Wiesenhöhe (bei Caseburg 8. 8. bis 14. 8.) sicher vollkommen für die Entwicklung der Mücken vom Ei bis zur Imago genügen muß, habe ich bereits oben betont. Besonders ausreichend dürfte die Überschwemmungsdauer in unserem Falle deshalb gewesen sein, weil die Lufttemperaturen seit dem 11. August stark ansteigen (vgl. die ausgezogene Linie T in Abb. 2). Auch die Erwärmung des auf den Wiesen stehenden Wassers muß sehr erheblich gewesen sein, zeigen doch die Bodentemperaturen in Swinemünde zwischen dem 10. August und 20. August Tagesmaxima von 34,5—47,5° C — eine Folge des fast andauernd heiteren Wetters, das nur 2mal in diesem Zeitraum Niederschläge von zusammen 6,3 mm Höhe brachte. Am 20. August mittags wurde die höchste Lufttemperatur des Monats mit 34,2° C gemessen (Tagesmaximum der Bodentemperatur 45,5° C). Vermutlich hat dieser

Temperaturanstieg zu einem Massenschlüpfen der Mücken geführt (vgl. unten die Angaben über die Windverhältnisse vor dem 20. 8.).

Zum Entstehen einer durch Mücken aus dem Wiesengelände der alten Swine verursachten Plage in Swinemünde ist es endlich nötig, daß zur Zeit des Schlüpfens der Imagines Winde aus ungefähr südlicher Richtung wehen. Wie Abb. 3[1]) zeigt, treten gerade im Sommer Winde aus dieser Richtung verhältnismäßig selten auf. Südostwinde stellen nur 7 % aller im Sommer wehenden Winde, Ost-, Südost- und Südwinde zusammen

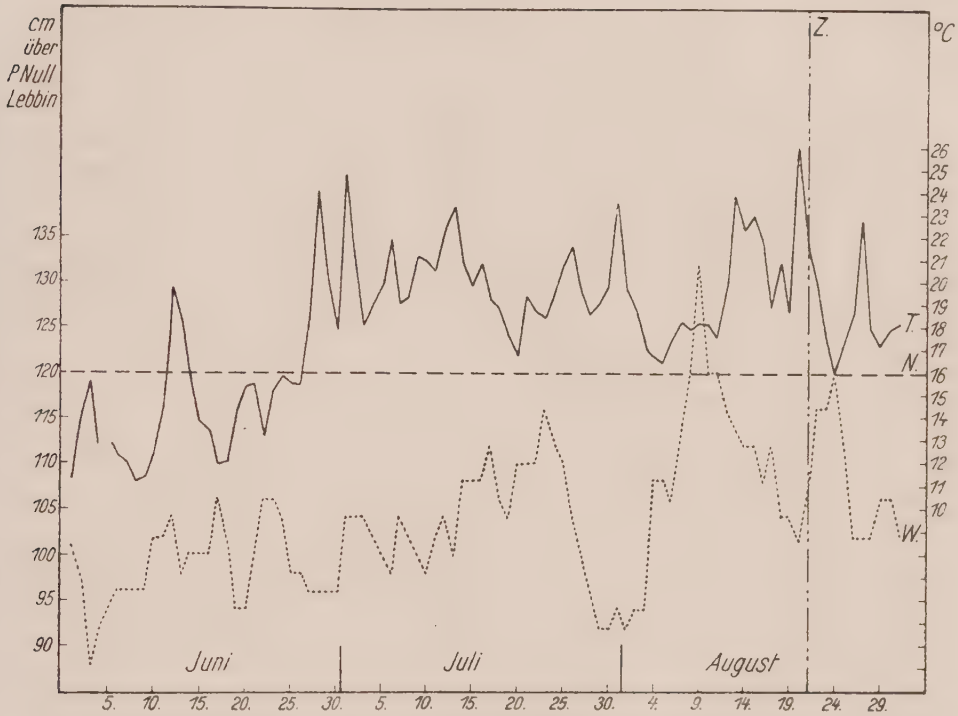


Abb. 2. Wasserstände am Pegel Lebbin (W) und Tagesmitteltemperaturen (T) in den Monaten Juni—August 1932. *N* = Wiesenniveau; *Z* = Zeit des Eintreffens der *caspius*-Schwärme in Swinemünde.

immerhin erst 21 %. Da im Gegensatz hierzu als Stauwinde wirkende nordwestliche, nördliche und nordöstliche Winde in den Sommermonaten sehr häufig sind (42 %) und die „häufigsten Winde" „in der Regel auch die stärksten" sind (Wernicke l. c. S. 90), dürfte das in vielen Jahren beobachtete Fehlen von Mückenplagen in Swinemünde nicht daraus zu deuten sein, daß die Mücken in ihrem Brutgebiet nicht oder nicht in hinreichender Zahl zur Entwicklung kämen. Ich sehe vielmehr eine Erklärung dieser

[1]) Abb. 3 ist einer Arbeit von W. Wernicke entnommen: Die Küste der Inseln Usedom und Wollin vom Peenemünder Haken bis zum Swinhöft. Pomm. Geogr. Ges. 47/48, 1. Beiheft 1929/30 (gezeichnet nach Angaben im Segelhandbuch für die Ostsee auf Grund 25jähriger Beobachtung).

Erscheinung darin, daß verhältnismäßig selten das Auftreten südöstlicher Winde gerade mit dem Zeitpunkt des Ausschlüpfens der Imagines zusammentrifft.

Für die *caspius*-Generation des Jahres 1932 ist dieser Fall eingetreten. Nachdem schon vom 12. August bis 15. August Winde aus SE und ESE mit Stärken von 0,5—3,3 geweht hatten, die aber keine Mücken mitführen konnten, weil der Zeitraum seit Beginn der Überflutung der Wiesen (8. 8.) für den Ablauf der Mückenentwicklung zu kurz gewesen war, setzte erneut am Abend des 20. August Wind aus ESE mit Stärke 1,3 ein, der in der Nacht über SE, SSE nach S drehte und am Morgen des 21. August als SSW mit Windstärke 3 zur Beobachtung gelangte. Daß nur der leichte am Abend des 20. Augusts und in der Nacht zum 21. August wehende südöstliche Wind die *caspius*-Schwärme nach Swinemünde geführt haben kann, scheint mir hierdurch nachgewiesen. Auch daß die erste Beobachtung am Morgen des 21. August in Swinemünde die stärkste Anhäufung

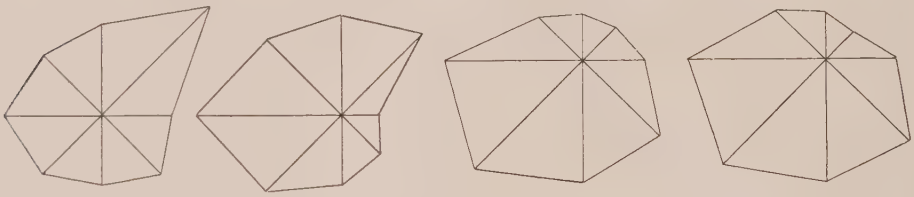


Abb. 3. Windhäufigkeit an der pommerschen Küste bei Swinemünde. 100 % = 100 mm. 1. Frühling; 2. Sommer; 3. Herbst; 4. Winter. Nach W. Wernicke.

der Mücken im Stadtgebiet am westlichen Ufer des Swinestroms erkennen ließ, spricht für den geschilderten Verlauf der Mückeninvasion.

Was schließlich das Verschwinden der Mücken in den letzten Augusttagen anlangt, so dürfte auch dafür eine Erklärung in den zu dieser Zeit herrschenden Windverhältnissen zu finden sein. Nach den Beobachtungen der Swinemünder Wetterwarte herrschten in den letzten 4 Augusttagen Winde aus WNW und ENE nach Stärke erheblich vor (4) gegenüber Winden aus S und SE (0,7— 2,5). An den Pegeln Lebbin und Caseburger Fähre, also unmittelbar östlich und westlich des Brutgebietes der Mücken, wurden am 28., 29. und 30. August nördliche Winde, nur am 31. August südliche beobachtet. Windstärkemessungen liegen von diesen Beobachtungsstellen nicht vor.

Vielleicht ist auch außerdem der Temperaturrückgang der letzten Augusttage (s. Abb. 2) nicht ohne Wirkung auf die Mücken geblieben. Besonders die Morgen- und Abendtemperaturen liegen in diesen Tagen ziemlich niedrig (15,8°—17,5° C) während sie in den ersten 3 Tagen des Auftretens der Mücken in Swinemünde (21. 8.—23. 8.) zwischen 16,8° und 23,5° schwanken.

Ob sich endlich ein geringes Absinken der relativen Feuchtigkeit der Luft ungünstig ausgewirkt hat, wage ich nicht zu entscheiden. Immerhin ist es bemerkenswert, daß die Mittagsmessungen der relativen Feuchtigkeit am Swinemünder Strande vom 21. August bis 23. August Werte zwischen 81 und 89%, vom 28. August bis 31. August hingegen Werte zwischen 65 und 77% ergaben. Die Morgen- und Abendmessungen zeigten für beide Zeiträume keine Unterschiede.

Da für Badeorte Mückenplagen gelegentlich zu schweren wirtschaftlichen Schäden werden können, ist die Frage ihrer Verhinderung von besonderer Bedeutung. Wie sich aus den obigen Darstellungen wohl einwandfrei ergibt, besteht in unserem Falle nur eine Möglichkeit, die gelegentlich und unvorhersehbar auftretenden großen *Aedinen*-Plagen einmal zu verhindern: die Eindeichung und Aufhöhung des Brutgebiets der Mücken, der Wiesen im Überschwemmungsgebiet der alten Swine. Solange diese Maßnahme wegen ihrer nicht unerheblichen Kosten unmöglich ist, muß man sich mit dem gelegentlichen Auftreten von Mückenplagen und der Schädigung der Badeorte durch sie abfinden.

Forstentomologische Untersuchungen aus dem Gebiete von Lunz. III.

Untersuchungen über den Verlauf der absoluten Feuchtigkeit in der Kambialzone liegender Fangbäume.

Von

Ing. **Otto Beran.**

(Aus der Lehrkanzel für Forstschutz und forstliche Entomologie an der Hochschule für Bodenkultur in Wien. — E. Schimitschek.)

(Mit 2 Abbildungen.)

Um über den Entwicklungsablauf unserer rindenbrütenden Borkenkäfer ein vollständigeres Bild zu bekommen, ist es unbedingt notwendig, außer den klimatischen Außenfaktoren, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Strahlung usw., auch die Verhältnisse der Temperatur und Feuchtigkeit innerhalb des Nährsubstrates selbst kennen zu lernen.

Die deutliche Abhängigkeit zwischen Kambialklima und Standortsklima in ihrer Einwirkung auf den Entwicklungsgang und die Sterblichkeit von Insekten hat Schimitschek[1]) in seinen bioklimatisch-entomologischen Untersuchungen aus dem Lunzer Gebiet speziell bei dem Lebensablauf des *Ips typographus* L. und *Pityogenes chalcographus* L. verfolgt und darauf hingewiesen, daß es unbedingt notwendig ist, die Verhältnisse der absoluten Feuchtigkeit innerhalb des Nährsubstrates kennen zu lernen. Verfasser wurde daher von Schimitschek beauftragt, im Rahmen der im Lunzer Gebiet laufenden bioklimatischen Untersuchungen Versuche anzustellen, um den Verlauf der absoluten Feuchtigkeit in der Kambialzone liegender Fangbäume, also dem Nährsubstrate unserer rindenbrütenden Borkenkäfer in der Längs- und Umfangrichtung festzustellen. Ermöglicht wurde die Durchführung der Arbeit durch das freundliche Entgegenkommen des Leiters der biologischen Station Lunz,

[1]) Schimitschek, Forstentomologische Untersuchungen aus dem Gebiete von Lunz I. Zeitschr. f. ang. Entomologie, B. XVIII, H. 3, 1931. — Derselbe, Forstentomologische und forstschutzliche Untersuchungen aus dem Gebiete von Lunz II. Zentralblatt für das gesamte Forstwesen 1932, Heft 9/10, 58. Jahrgang.

Herrn Prof. Dr. F. Ruttner und durch Bereitstellung von meteorologischen Instrumenten durch Herrn Prof. Dr. W. Schmidt. Es sei an dieser Stelle hierfür bestens gedankt.

Aus den bereits vorliegenden Arbeiten geht hervor, daß bei *Ips typographus* L. die Sterblichkeit der Junglarven hauptsächlich durch hohe Kambialtemperaturen, die Mortalität älterer Larven und Puppen durch den örtlichen Einfluß relativer Luftfeuchtigkeit bedingt wurde. Am deutlichsten war die Abhängigkeit vom Einfluß der relativen Luftfeuchtigkeit an den Stammunterseiten zu erkennen und zwar an jenen Örtlichkeiten, wo eine große Doppelstundenzahl mit hoher relativer Luftfeuchtigkeit bei gleichzeitig geringer Doppelstundenzahl der Lufttemperatur unter dem Entwicklungsnullpunkt nachzuweisen war.

Aufzeichnungen über Lufttemperatur, Kambialtemperatur und relative Feuchtigkeitswerte allein, geben solange kein eindeutiges Bild über die Abhängigkeit der Entwicklung und der Sterblichkeit der Insekten von der relativen Feuchtigkeit, als die Abhängigkeit zwischen absoluter Feuchtigkeit des Nährsubstrates von der relativen Luftfeuchtigkeit und den übrigen Klimafaktoren ungelöst ist.

An dem gegen den Durchlaß abfallenden Südhang des Maißzinken, unweit der Lunzer biologischen Station, wurden durch die Kuppelwiesersche Forstverwaltung Seehof in freundlicher Weise Fangbäume (Fichte) im Bestand und auf einer Großkahlfläche geworfen. Der Fangbaum am Schlag ist 12 m lang und mit seiner Spitze gegen SSW, der des Bestandes 11 m lang und gegen WSW gerichtet. Die Schlagfläche ist stark vergrast. Bestand: 1,0 Buche, etwas Fichte eingesprengt, Kronendach geschlossen, 100—110jährig. Der Fangbaum am Schlag ist 15 m vom Bestandesrand entfernt. Im Bestand und auf der Kahlfläche wurde je eine klimatische Station, bestehend aus je einem Thermohygrographen, je einem Luftextremthermometer in 5 dann 30 und 100 cm Höhe über dem Boden und je einem Regenmesser eingerichtet. Höhe der Station auf der Kahlfläche 838 m, im Bestand 840 m. Der Fangbaum im Bestand liegt in gleicher Höhe der Station, der des Schlages etwas höher. In beiden Fangbäumen wurden in der Stammitte an der Ober- und Unterseite je ein Baumextremthermometer eingebaut.

Um die absolute Feuchtigkeit der Kambialzone in der Umfangrichtung bestimmen zu können, wurden aus der Kambialzone Proben entnommen und zwar an der Ober- und Unterseite des Stammes und den beiden Längsseiten. Für die Bestimmung des Verlaufes der absoluten Feuchtigkeit in der Längsrichtung erfolgte die Entnahme der Proben am unteren sowie am oberen Ende des Fangbaumes und in der Mitte des Stammes. Die Proben wurden aus der Kambialzone, unter Weglassung der abgestorbenen, nur sehr geringe Feuchtigkeit führenden Borkenteile, mit Hilfe eines hierzu zugeschliffenen Stahlrohres von 23 mm Durchmesser entnommen; so wurden Stücke von gleichen Ausmaßen erhalten.

In ihren Extremen und der Dauer ihrer Einwirkung wirken Temperatur und Feuchtigkeit lebenbegrenzend. Es wurde daher, um den Zusammenhang der Schwankungen der absoluten Feuchtigkeit des Nährsubstrates, also der Kambialzone, mit jenen der relativen Feuchtigkeit festzustellen, die Zeit vor Sonnenaufgang und die Zeit nach Mittag für die Probeentnahme gewählt.

Die Frühproben sind am 2. September 1932 um 5^h morgens an beiden Fangbäumen, also am Schlag und im Bestand, aus der Kambialzone (mit Rinde) entnommen worden. Die einzelnen Stückchen wurden sofort nach der Entnahme in bereitgehaltene numerierte Wägegläser sorgfältig verschlossen, im Laboratorium gewogen und in der Trockenkammer bei 100—105° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die Nachmittagsproben wurden am nächstfolgendem Tage, am 3. September 1932 um 14^h entnommen und dann derselben Behandlung im Laboratorium zugeführt.

Tabelle 1.

Absolute Feuchtigkeit in der Kambialzone in Prozent der Trockensubstanz.

	Seite des Stammes	Schlag	Bestand	Schlag	Bestand
		5^h früh		14^h (Nachmittag)	
		Absolute Feuchtigkeit in % der Trockensubstanz			
I. Stammdrittel[1])	O[2])	26,2	41,3	22,7	34,0
	U	—	38,4	—	35,9
	l	46,5	43,1	49,0	36,7
	r	45,8	38,4	43,3	31,6
II. Stammdrittel	O	21,7	47,4	21,0	40,9
	U	41,6	47,9	39,6	49,3
	l	38,4	47,9	38,3	40,4
	r	38,8	47,3	37,0	45,2
III. Stammdrittel	O	32,9	44,0	25,1	46,0
	U	47,3	48,8	41,0	45,2
	l	57,0	49,5	47,4	45,5
	r	57,7	48,0	45,3	45,1

In Tabelle 1 sind die Werte der absoluten Feuchtigkeit der Kambialzone in Prozenten der Trockensubstanz, auf Grund der Wägeversuche errechnet, zusammengestellt. Die Zahlen der Tabelle lassen deutlich die

[1]) Als I. Stammdrittel ist das an den Wurzelanlauf, als II. Stammdrittel das mittlere, als III. Stammdrittel das an den Gipfel schließende Stammdrittel gemeint.

[2]) Zeichenerklärung: O = Stammoberseite, U = Stammunterseite, l = linke Stammseite, gegen NW; r = rechte Stammseite, gegen SO gerichtet.

Tabelle 2.

Lufttemperatur und relative Feuchtigkeit um 4^h, 6^h und 14^h, entnommen aus den Thermohygrographenstreifen.

	Stunde	4^h	6^h	14^h	4^h	6^h	14^h
		2. September			3. September		
Schlag	Relative Luftfeuchtigkeit . . .	91	98	64	92	98	52
	Lufttemperatur, °C	13,5	13,8	20,0	13,5	14,1	25,5
Bestand	Relative Luftfeuchtigkeit . . .	95	100	77	100	100	64
	Lufttemperatur, °C	16,4	16,6	20,8	16,5	16,8	25,0

Unterschiede der absoluten Feuchtigkeit in der Kambialzone des Fangbaumes in der Längs- und Umfangrichtung am Schlag und im Bestand erkennen. Die Werte der absoluten Feuchtigkeit der Kambialzone der Stammoberseite sind geringer als die der Unterseite; die größten Unterschiede ergeben sich am Fangbaum des Schlages, was durch die direkte Sonnenstrahlung, der die Stammoberseite ausgesetzt ist, bedingt wird. Es wurde zur Zeit der Probeentnahme in der Kambialzone des Fangbaumes am Schlag an der Stammoberseite ein Temperaturmaximum von über 50° C gemessen (s. Tab. 3). Dem geringsten Werte der absoluten Feuchtigkeit der Kambialzone der Oberseite von 21,7% steht der größte Wert der absoluten Feuchtigkeit von 47,3% (der Trockensubstanz) an der Unterseite entgegen. In der Umfangrichtung liegender Fangbäume trat die geringste absolute Feuchtigkeit der Kambialzone an der Stammoberseite auf und nahm über die beiden Längsseiten gegen die Unterseite, wo sie die größten Werte erreicht, zu. In der Längsrichtung sehen wir ein Zunehmen der absoluten Feuchtigkeit gegen das obere Ende des Fangbaumes. Während in der Kambialzone des Fangbaumes am Schlage die absolute Feuchtigkeit größeren Schwankungen unterliegt, ist ihr Verlauf in der Kambialzone des Fangbaumes im Bestand ausgeglichener.

Tabelle 3.

Maxima und Minima der Kambialtemperaturen der Fangbäume an den Tagen der Probeentahme.

	Stammoberseite		Stammunterseite	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
	Temperatur, °C			
Schlag	>50	5,0	28,6	8.0
Bestand	23,0	10,0	20,4	11.3

Für den Lebensablauf unserer Borkenkäfer sind die klimatischen Faktoren ihres Entwicklungsortes in ihren Extremen von Bedeutung. Die täglichen Schwankungen der absoluten Feuchtigkeit in der Kambialzone liegender Fangbäume auf einer Großkahlfläche und im geschlossenen Bestand, errechnet aus den Probeentnahmen vor Sonnenaufgang um 5^h früh und kurz nach Mittag um 14^h, zeigen die graphischen Darstellungen in Abb. 1 und 2.

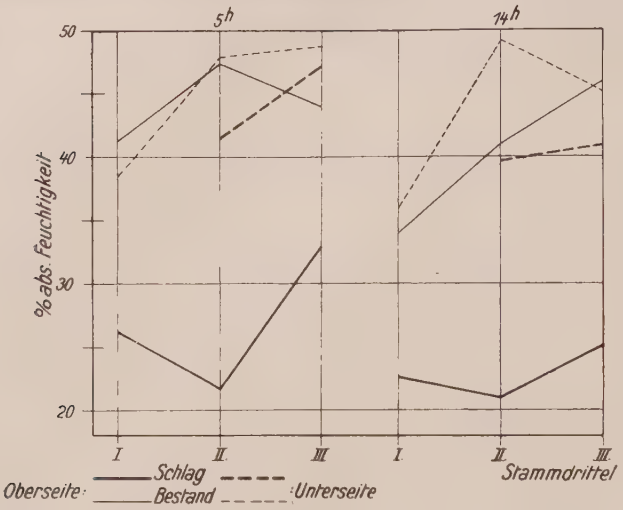


Abb. 1. Verlauf der absoluten Feuchtigkeit in der Kambialzone der Fangbäume am Schlag und im Bestand um 5h, 14h an der Ober- und Unterseite.

Abb. 1 zeigt den Verlauf der absoluten Feuchtigkeit in der Kambialzone der Stammober- und Unterseite liegender Fangbäume im Bestand und auf einer Großkahlfläche um 5^h früh und 14^h. Man sieht deutlich die Unterschiede im Verlauf der absoluten Feuchtigkeit vor Sonnenaufgang, wo der höchste Wert, und nachmittags, wo das Minimum erreicht wird. Die größten Differenzen treten wieder an der Oberseite beider Fangbäume auf. Abb. 2 bringt den Verlauf der absoluten Feuchtigkeit in der Kambialzone der beiden Längsseiten der Fangbäume am Schlag und im Bestand. Hier treten nicht so große Unterschiede auf wie an der Stammober- und Unterseite.

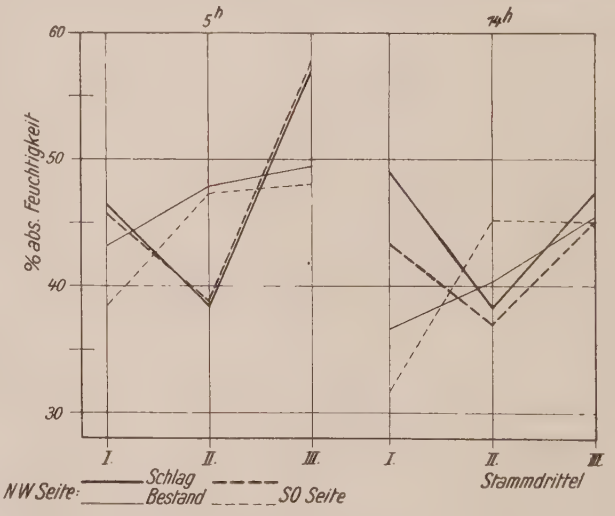


Abb. 2. Verlauf der absoluten Feuchtigkeit in der Kambialzone der Fangbäume am Schlag und im Bestand um 5h, 14h an den beiden Längsseiten.

In Tabelle 2 sind die Daten über Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit für den 2. und 3. September 1932 um 4^h, 6^h früh und 14^h (entnommen aus den Thermo-

hygrographenstreifen der beiden Stationen am Schlag und im Bestand) zusammengestellt.

Am Schlag war bei der relativen Luftfeuchtigkeit von 91% um **4h** und 98% um **6h früh** die absolute Feuchtigkeit in der Kambialzone an der Stammoberseite im unteren Stammdrittel 26,2%, im mittleren 21,7%, im oberen Stammdrittel 32,9% der Trockensubstanz. An der Stammunterseite im mittleren Stammdrittel 41,6% und im oberen Stammdrittel 47,3%.[1])

Im Bestand betrug bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 95% um **4h** und 100% um **6h früh** die absolute Feuchtigkeit in der Kambialzone an der Oberseite des Fangbaumes im unteren Stammdrittel 41,3%, im mittleren 47,4% und im oberen Stammdrittel 44,0% der Trockensubstanz. An der Stammunterseite 38,4%, bezw. 47,9%, bezw. 48,8% absolute Feuchtigkeit in Prozenten der Trockensubstanz.

Um 14h war bei einer relativen Luftfeuchtigkeit am Schlag von 52% die absolute Feuchtigkeit in der Kambialzone an der Oberseite des Fangbaumes 22,7%, bezw. 21,0%, bezw. 25,1%; an der Stammunterseite im mittleren Stammdrittel 39,6% und im oberen Stammdrittel 41,0% der Trockensubstanz.

Um 14h betrug bei einer relativen Luftfeuchtigkeit im Bestand von 64% die absolute Feuchtigkeit in der Kambialzone an der Oberseite des Fangbaumes 34% im unteren Stammdrittel, 40,9% im mittleren und 46,0% im oberen Stammdrittel. An der Unterseite 35,9%, bezw. 49,3%, bezw. 46,0% absolute Feuchtigkeit in Prozenten Trockensubstanz.

Es ergibt sich daraus die Abhängigkeit des Ganges der absoluten Feuchtigkeit in der Kambialzone der Fangbäume von dem Gang der relativen Luftfeuchtigkeit und insbesondere der Kambialtemperatur (direkte Bestrahlung am Schlag bewirkt große Steigerung der Verdunstung). Es ist klar, daß in bestimmten Örtlichkeiten der Gebirge, wo oft reichlich horizontaler Niederschlag (Nebel) auftritt, die absolute Feuchtigkeit hoch und daß in diesen Gebieten die Sterblichkeit eine gesteigerte sein wird, was auch aus den Lunzer Untersuchungen von 1931 hervorgeht.

Im vorliegenden Falle war der Fangbaum am Schlag vorwiegend von *Pityogenes chalcographus* L. befallen. Während an der Stammoberseite die Eiablage infolge hoher Kambialtemperaturen unterblieb, wurde an der Stammunterseite eine Sterblichkeit der Larven und Puppen von *Pityogenes chalcographus* L. festgestellt, bedingt durch die hohe absolute Feuchtigkeit in der Kambialzone. (Der Befall des Fangbaumes im Bestand war zur Zeit der Untersuchungen geringfügig.)

Es ergibt sich daraus, daß die an der Stammunterseite oft hohe Sterblichkeit, worauf schon bei den ersten und

[1]) Am Fangbaum des Schlages konnten wegen Aufliegens des Stammes am Boden die Proben im unteren Stammdrittel nicht entnommen werden.

zweiten Lunzer Arbeiten hingewiesen wurde, von der hohen absoluten Feuchtigkeit der Kambialzone, die ihrerseits von der hohen relativen Luftfeuchtigkeit abhängig ist, diktiert wird. Die hier gemachten Feststellungen beweisen viele der in den beiden letztgenannten Arbeiten geäußerten Vermutungen.

Vorliegende Arbeit ist nur ein kleiner Versuch, um den Verlauf der absoluten Feuchtigkeit in der Kambialzone liegender Fangbäume festzustellen; diesbezügliche Untersuchungen werden fortgesetzt werden.

Zusammenfassung.

Der Gang der absoluten Feuchtigkeit der Kambialzone liegender Fangbäume ist von Einfluß auf die Jugendsterblichkeit bestimmter Ipiden.

In der Umfangrichtung liegender Fangbäume ist die absolute Feuchtigkeit in der Kambialzone der Stammoberseite sowohl im Bestand wie an der Kahlfläche am geringsten und nimmt über die beiden Längsseiten gegen die Unterseite hin zu, wo sie die höchsten Werte erreicht. So steht im vorliegenden Falle dem geringsten Werte der absoluten Feuchtigkeit der Kambialzone der Stammoberseite des Fangbaumes am Schlag von 21,7% der größte Wert der absoluten Feuchtigkeit von 47,3% der Stammunterseite gegenüber. Die Sterblichkeit der Larven und Puppen von *Pityogenes chalcographus* L. war hier durch die hohe absolute Feuchtigkeit der Kambialzone der Stammunterseite des Fangbaumes bedingt. Gegenüber den Morgenstunden erreicht die absolute Feuchtigkeit in der Kambialzone in ihrem täglichen Gang in den Nachmittagsstunden den geringsten Wert. In der Längsrichtung liegender Fangbäume nahm die absolute Feuchtigkeit in vorliegendem Fall gegen die Stammspitze hin zu.[1]) Der Verlauf der absoluten Feuchtigkeit in der Kambialzone liegender Fangbäume ist im Bestand ausgeglichener als am Schlag.

[1]) Im jahreszeitlichen Verlauf werden sich diesbezüglich natürlich Verschiedenheiten ergeben, auch mit Rücksicht auf den Fällungszeitpunkt.

Statistische Untersuchungen über die Kopfkapselbreiten bei Blattwespen.

Von

Karl E. Schedl,

ehemaliger Assistent der Entomological Branch, Department of Agriculture in Ottawa, Canada.

(Mit 2 Abbildungen.)

Die folgenden Ausführungen sind ein kleiner Ausschnitt aus einer auf breiter Basis aufgebauten Studie über drei an der *Pinus banksiana* auftretender Schädlinge, welche der Gattung *Neodiprion* Rohwer angehören. Die diesbezüglichen Feldarbeiten wurden in den Jahren 1930 und 1931 im nordwestlichen Teil der Provinz Ontario, Canada durchgeführt. Die in Frage stehenden Arten sind; *Neodiprion swainei* Middlt., *N. dubiosus* m. und *N. nanulus* m.[1])

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß die Chitinisierung der Insektenepidermis eine Dehnung derselben, wie sie beim Wachsen des Körpers notwendig wird, verhindert. Infolgedessen muß, um ein nennenswertes Wachstum des Körpervolumens zu gewährleisten ein anderer Ausweg gefunden werden. In solchen Fällen wird, bei fortschreitendem Wachstum, unter der ursprünglichen eine neue Epidermis aus der Hypodermis gebildet. Die Abstoßung der alten Epidermis erfolgt durch Sprengen derselben, gewöhnlich auf der Stirn beginnend und sich über die Rückenlinie des Thorax fortsetzend einerseits, und einem Herauskriechen aus dem restlichen Teil andererseits. Während einer kurzen Zeitspanne verbleibt dann diese neue Epidermis weich und dehnungsfähig und während dieser Zeit vollzieht sich das eigentliche Wachstum des Insektenkörpers. Nach kurzer Zeit erhärtet die Epidermis durch starke Chitinisierung wieder. Die abgeworfene Larvenhaut wird auch als Exuvia bezeichnet.

Allgemein wird angenommen, daß die *Collembola* nach Erreichung der Geschlechtsreife ihre Häutung vornehmen. In dieser Beziehung stimmten sie mit den *Crustacea* und *Myriapodea* überein, die *Arachnidae* und alle übrigen Insekten zeigen ganz andere Verhältnisse.

Bezüglich der Zahl der Häutungen, welche vom Zeitpunkte des Schlüpfens aus dem Ei bis zur Erreichung der Vollwüchsigkeit bei Insekten notwendig ist, herrschen große

---

[1]) Die Originaldaten und die einschlägigen Berechnungen werden im Rahmen einer Dissertationsarbeit an der Hochschule für Bodenkultur in Wien hinterlegt und können dortselbst eingesehen werden. Der Begriff Zweigprobe wird in einer anderen Abhandlung genau erörtert werden; hier genügt es mitzuteilen, daß unter diesem Begriff die Nachkommenschaft eines Weibchens auf einem Kiefernzweig zu verstehen ist.

Unterschiede. Nach Grassi (1898) häuten sich Vertreter von *Campodea* und *Japyx* nur einmal, solche von *Choleon* bis zu zwanzigmal. Zwischen diesen beiden Extremen kommen alle möglichen Kombinationen vor. Die größte Anzahl von Insekten häuten sich wahrscheinlich vier- bis sechsmal. Allgemein kann angenommen werden, daß die Zahl der Häutungen innerhalb der Art konstant ist. Ausnahmen kommen dennoch vor. So ist es eine bekannte Tatsache, daß die Raupen von *Lymantria monacha* L., der Nonne, als Vier- oder Fünfhäuter ihre Entwicklung beenden können. Auch *Lophyrus pini* L. kann Fünf- oder Sechshäuter sein. Eine der in dieser Arbeit untersuchten Blattwespen, *Neodiprion swainei*, kann ebenfalls in 5 oder 6 Häutungen Vollwüchsigkeit erreichen. In manchen Fällen scheint die Zahl der Häutungen vom zukünftigen Geschlecht des Individuums abhängig zu sein. Andrerseits wurde wie z. B. bei der Nonne bis heute noch nicht nachgewiesen, daß dem Geschlecht ein bestimmender Einfluß auf die Zahl der Häutungen zukommt. Welche Faktoren in diesen und ähnlichen Fällen diese Unregelmäßigkeiten bedingen, bedarf noch eingehender Studien. Das Intervall zweier aufeinanderfolgender Häutungen wird Stadium genannt. Das erste Stadium umfaßt die Individuen vom Schlüpfen aus dem Ei bis zur ersten postembryonalen Häutung.

Allgemein wird auch angenommen, daß die Kopfkapsel, welche in den meisten Insekten den am stärksten chitinisierten Teil des ganzen Insektenkörpers darstellt, insbesondere während eines Stadiums keine Erweiterung erfahren kann. Die Maße der Kopfkapsel innerhalb eines Stadiums sollen konstant oder nur ganz geringfügigige Schwankungen unterworfen sein. Unter dieser Annahme baute Dyar (1902) ein Gesetz auf, zufolge welchem die Zunahme der Kopfkapselbreite bei Schmetterlingsraupen in den aufeinanderfolgenden Stadien, ihrer Größe nach einer geometrischen Progression folgen sollen. Mit Hilfe dieses Grundsatzes soll es möglich sein, festzustellen, ob beim Studium der Zahl der Häutungen in einem gegebenen Falle ein Stadium übersehen wurde oder nicht. Mit anderen Worten es wäre möglich aus der Kenntnis der Kopfkapselgröße der beiden letzten Stadien auf die Zahl der vorhergehenden zu schließen. Dyar gab bereits zu, daß kleine Differenzen zwischen der dermaßen errechneten und der wirklichen Größe der Kopfkapsel vorkommen können, mißt diesen aber für die Errechnung der möglichen Zahl der Häutungen keine Bedeutung bei.

Aus meinen eigenen Erfahrungen bezüglich der Kopfkapselbreiten bei verschiedenen Insekten kam ich schon lange zu dem Schluß, daß die Verhältnisse jedenfalls nicht so einfach liegen dürften. Dieser Verdacht wurde durch die kleine Zahl von Messungen, welche der Dyarschen Studie zugrunde liegen, noch verstärkt. Die Blattwespenstudien gaben mir endlich doch Gelegenheit diese Theorie auf breiterer Grundlage nachzuprüfen.

Der Zweck dieser Studie umfaßt demnach die Beantwortung folgender Fragen:

1. Ist die Kopfkapselbreite innerhalb eines Stadiums und in allen drei untersuchten Arten konstant?
2. Wenn nicht, folgen die Variationen einem bestimmten Gesetze.
3. Ist die Gesetzmäßigkeit für alle Stadien einer Art dieselbe? Wie verhält sich die Gesetzmäßigkeit verschiedener Arten?

4. Wie verhalten sich die Größen der Kopfkapsel von aufeinanderfolgenden Stadien?
5. Ist das Dyarsche Gesetz anwendbar?

Die Afterraupen, welche der folgenden Untersuchung zugrunde liegen, stammen aus den Zweigproben der beiden Versuchsjahre. Eine Überprüfung der Ergebnisse erfolgte durch planmäßiges Züchten, den Zuchtproben, aus welchen für jedes Stadium einzelne Stücke entnommen und gemessen wurden. Die Messung selbst erfolgte unter dem Binokular mittels eines Mikrometers. Für die Untersuchung der Individuen des Versuchsjahres 1930 stand ein neues Modell des Leitzschen Binokulars mit einem gewöhnlichen Mikrometer zur Verfügung. Bei gegebener Vergrößerung betrug die kleinste Einheit des Mikrometers 0,008 mm. Im folgenden Jahre wurde absichtlich ein anderes Binokular gewählt. Ich benutzte mein eigenes, neues Zeiß Binokular mit einem Mikrometer, dessen kleinste Einheit 0,011 mm betrug. Die Mikrometereinheit wurde noch insofern verfeinert als Fünftel der kleinsten Einheit durch Schätzung erhoben wurden. Jeder mit derlei Messungen vertraute Fachkollege wird wissen, wie anstrengend derartige Mikrometermessungen für das menschliche Auge sind. Um diesem Übelstande wenigstens teilweise abzuhelfen, wurde im zweiten Versuchsjahr ein sogenanntes Kontrastmikrometer der Firma Zeiß, Jena (Nr. 1151/30) verwendet. Die damit gemachten Erfahrungen waren so gute, daß ich für ähnliche Untersuchungen nur derartige Kontrastmikrometer empfehlen würde.

Im Zuge der Messungen wurde weiters die dem Statistiker bekannte Beobachtung gemacht, daß bei unbefangener Schätzung die Tendenz besteht, ganze Einheiten oder nahezu solche zu übertreiben. Dadurch entsteht eine Häufigkeitsverteilung welche um die Einheiten herum besonders hohe Werte enthält, während die in der Mitte zwischen zwei Einheiten liegenden Klassen vernachlässigt erscheinen.

Variation innerhalb eines Stadiums, Zahl der Stadien.

Wie vorausgesehen werden konnte ist die Breite der Kopfkapsel eines Stadiums einer Art keine konstante Größe. Die einzelnen Werte variieren wie bei allen Körpermaßen im Tierreich um einen gewissen Mittelwert. Die Variationsbreite ist aus naheliegenden Gründen bei den kleinen Eiräupchen wesentlich geringer, als bei jedem der nachfolgenden Stadien. Wenn Entomologen wie Friend (The Biology of the Birch Leaf Skeletonizer, *Bucculatrix canadensisella* Cham., Conn. Agri. Exp. Sta. Bull 288, 1927, p. 444) kaum irgendwelche Schwankungen in der Kopfkapselbreite feststellen konnten, so muß dies entweder auf die Mangelhaftigkeit der Meßinstrumente oder aber auf oberflächliche Messung zurückgeführt werden. Bei der Benutzung des Binokulars wird man je nach der Größe des Stadiums verschiedene Vergrößerungen zu wählen haben.

Zwei Arten, *Neodiprion dubiosus* m. und *N. nanulus* m., spannen ihre Kokons ausnahmslos als Fünfhäuter. Die letzte Häutung, welche innerhalb des Kokons vor der eigentlichen Verpuppung stattfindet, wird hier nicht weiter in Betracht gezogen. Wie schon eingangs erwähnt, verhielt sich *Neodiprion swainei* wesentlich anders. Ein Teil der Afterraupen vollendete die Raupenentwicklung nach fünf, ein anderer nach sechs Häutungen. Solche Unterschiede zeigten sich auch bei Nachkommen ein und desselben Weibchens. Diese Tatsache, welche zuerst bei der Züchtung solitärer Familien beobachtet wurde, kam bei den Messungsergebnissen

durch eine weitere Häufigkeitsverteilung zum Ausdruck. Bezüglich der Gründe, welche diese Unregelmäßigkeit verursachen, bin ich mir noch völlig im unklaren. Soweit ich bis heute orientiert bin, sind es jedenfalls keine Ursachen sexueller Natur.

Zahl der Beobachtungen.

Zum besseren Verständnis des Nachfolgenden wird vorerst die Zahl der Beobachtungen (Messungen) für jedes Stadium und jede in Frage stehende Art mitgeteilt. Dabei wurden keinerlei Ausscheidungen vorgenommen, wie überhaupt immer nur mit den Originaldaten gerechnet wurde.

Tabelle 1.

Zahl der Beobachtungen.

Art	Stadium						Summe
	I	II	III	IV	V	VI	
N. nanulus 1931 . . .	143	100	212	304	185	—	944
N. dubiosus 1930 . . .	376	605	604	1020	760	—	3 365
1931 . . .	126	120	61	209	223	—	739
N. swainei 1930 . . .	154	362	314	610	853	813	3 106
1931 . . .	337	378	484	761	1157	823	3 940
Summe	1136	1565	1675	2904	3178	1636	12 094

Die große Zahl von Messungen der Kopfkapseln der Vorpuppen war dennoch nicht genügend um parallele Schlüsse mit jenen der Afterraupen ziehen zu können. Allgemein möchte ich mitteilen, daß die Kopfkapselbreite der Vorpuppen von *Neodiprion dubiosus* m. und *N. nanulus* m. ungefähr dieselbe Variationsbreite aufweisen wie diejenige des letzten Afterraupenstadiums. Auf den ersten Blick mag dies etwas unwahrscheinlich erscheinen. Mißt man nämlich die Kopfkapseln von Vorpuppen, welche aus Kokons entnommen wurden, so kommt man im allgemeinen auf etwas niedere Werte. Das mag aber damit zusammenhängen, daß die viel weniger chitinisierte Kopfkapsel der Vorpuppen sich erst nach dem Sprengen der letzten Afterraupenexuvia etwas zusammenzieht. In meinem Falle kamen aber gerade die ganz frischen Vorpuppen zur Messung und darum konnte auf Grund der vorliegenden Daten keine wesentliche Änderung in der Variationsbreite der Kopfkapselmaße festgestellt werden. In *Neodiprion swainei* umfaßt die Variationsbreite der Kopfkapselmaße der Vorpuppen, ebenfalls unter den gerade erwähnten Voraussetzungen, die gemeinsame Variationsbreite der beiden letzten Raupenstadien.

Die geringe Zahl von Beobachtungen von *Neodiprion dubiosus* im Jahre 1931 ist auf die weit höhere Ei- und Raupensterblichkeit, bei gleicher Anzahl von Zweigproben, zurückzuführen. *Neodiprion nanulus* wurden lediglich im Jahre 1931 einer Untersuchung unterzogen.

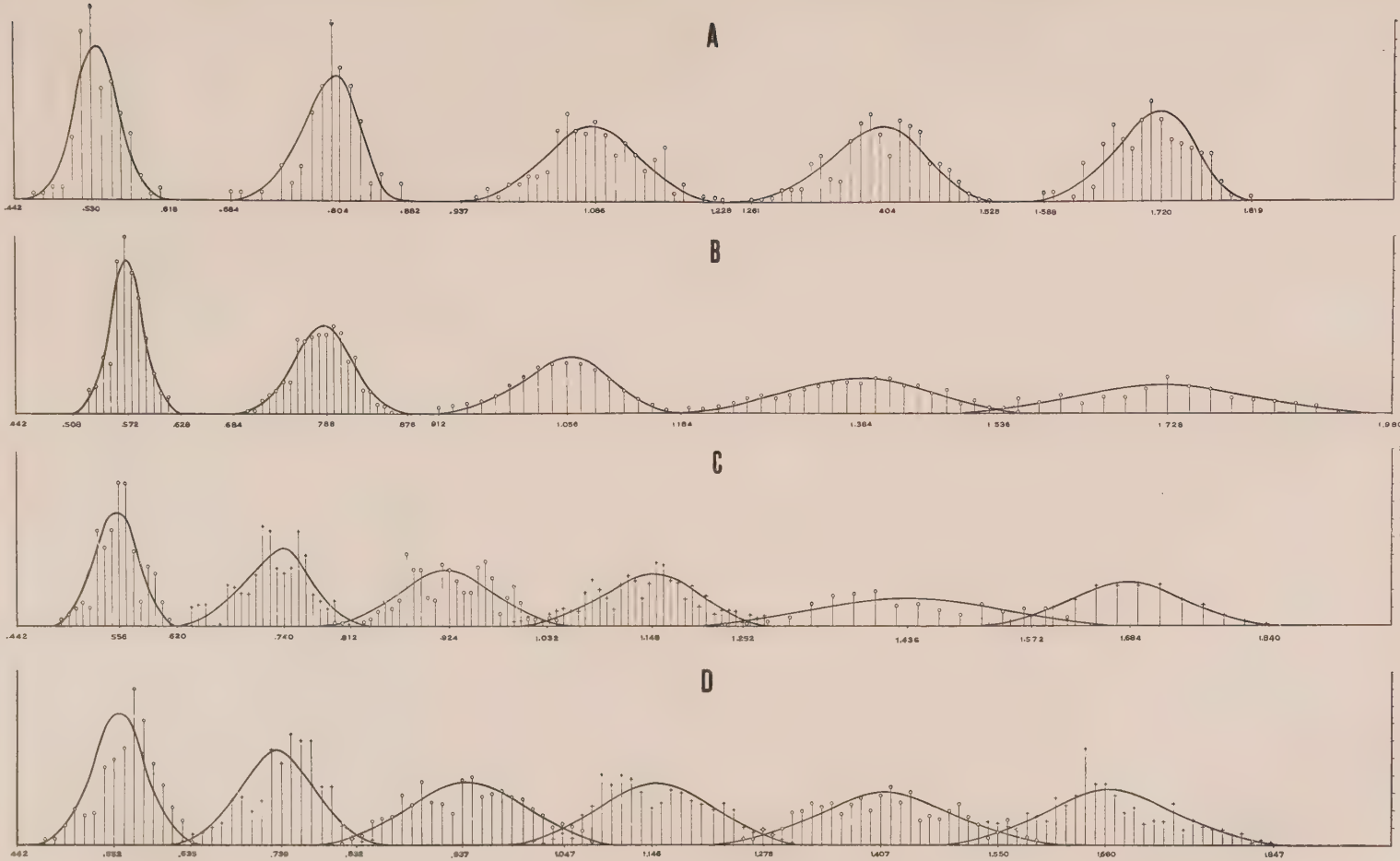


Abb. 1. Häufigkeitsverteilungen und eingepaßte Normal- und asymmetrische Normalkurven. A = *Neodiprion nanulus;* B = *Neodiprion swainei* 1930; C = dasselbe 1931; D = *Neodiprion dubiosus* 1930. Ordinate: Kopfkapselbreite in Millimetern. Abszisse: Häufigkeiten in Prozenten der Summe pro Stadium.

Das Mittel.

Das Mittel, arithmetische Mittel, oder das erste Moment einer Häufigkeitsverteilung wurde für jedes Stadium erhoben. Die Mittel der ersten Raupenstadien aller drei Arten weichen nur wenig voneinander ab. Im Sinne der Statistik ist nur die Ursache der Abweichung von *Neodiprion nanulus* außerhalb des beim einfachen Probesammelns vorkommenden gemeinsamen mittleren Fehlers zu suchen. Die Mittel des letzten Stadiums der Fünfhäuter, *N. dubiosus* und *N. nanulus*, verhalten sich jenen des ersten Stadiums derselben Arten ähnlich, sind aber wesentlich größer als das Mittel des sechsten Stadiums von *N. swainei*. Daraus kann geschlossen werden, daß in nahe verwandten Arten eine Vermehrung der Häutungen nicht zwangsläufig eine Vergrößerung der absoluten Werte des letzten Stadiums nach sich zieht. Die Abweichungen der Mittelwerte in den zwei aufeinanderfolgenden Jahren in ein und derselben Art wurden statistisch untersucht. Sie liegen durchwegs innerhalb des gemeinsamen mittleren Fehlers und sind deshalb bedeutungslos.

Tabelle 2.

Mittel in Millimetern.

Art	Stadium					
	I	II	III	IV	V	VI
N. nanulus 1931 . . .	0,538	0,792	1,085	1,404	1,708	—
N. dubiosus 1930 . . .	0,565	0,780	1,047	1,376	1,737	—
1931 . . .	0,587	0,808	1,109	1,495	1,763	—
Gemeinsam 1930/31	0,576	0,794	1,078	1,435	1,750	—
N. swainei 1930 . . .	0,555	0,729	0,924	1,142	1,424	1,687
1931 . . .	0,565	0,740	0 939	1,143	1,411	1,661
Gemeinsam 1930/31	0,560	0,734	0,931	1,142	1,417	1,674

Auch die Dyarsche Theorie einer geometrischen Progression der Kopfkapselbreite aufeinanderfolgender Stadien wurde nachgeprüft. Unter Dyars Annahme müßten die Mittelwerte, wenn in ein Koordinatensystem eingetragen, auf einer Geraden zu liegen kommen (Abb. 2). Trotz des umfangreichen Materiales konnte eine solch einfache Progression nicht bestätigt gefunden werden. Die Mittelwerte, als die Repräsentanten für die Gesamtzahl aller Messungen der einzelnen Stadien, liegen in allen Fällen auf einer deutlich krummen Linie. Deshalb ist auch der Quotient zweier aufeinanderfolgender Stadien innerhalb einer Art nicht konstant. In allen drei Arten verringert sich die Größe dieses Quotienten mit steigendem Wachstum der Afterraupen. Auf die Erfassung der Gesetzmäßigkeit der Abnahme dieses Quotienten wurden im Rahmen dieser Studie

kein Gewicht gelegt. Den geringsten Schwankungen ist der Quotient bei *Neodiprion nanulus* ausgesetzt. Vom Einfluß mag hier die immerhin noch geringe Zahl von Messungen sein.

Der fallende Quotient aufeinanderfolgender Stadien bedingt natürlich steigende arithmetische Differenzen der Mittel gleicher Paare (Tab. 4, Abb. 2). Naturgemäß sind die Unterschiede bei *N. nanulus* am geringsten, weil ja die Quotienten an einer weit mehr der Geraden genäherten Kurve liegen als bei den beiden anderen Arten. Die Werte $(M_2 - M_1)$ und $(M_5 - M_4)$ stimmen sogar vollkommen überein. In diesem Zusammenhang möchte ich eine mögliche Erklärung, vorderhand allerdings mehr spekulativen Charakters, einflechten. *N. nanulus*, eine raschwüchsige Art, braucht zur

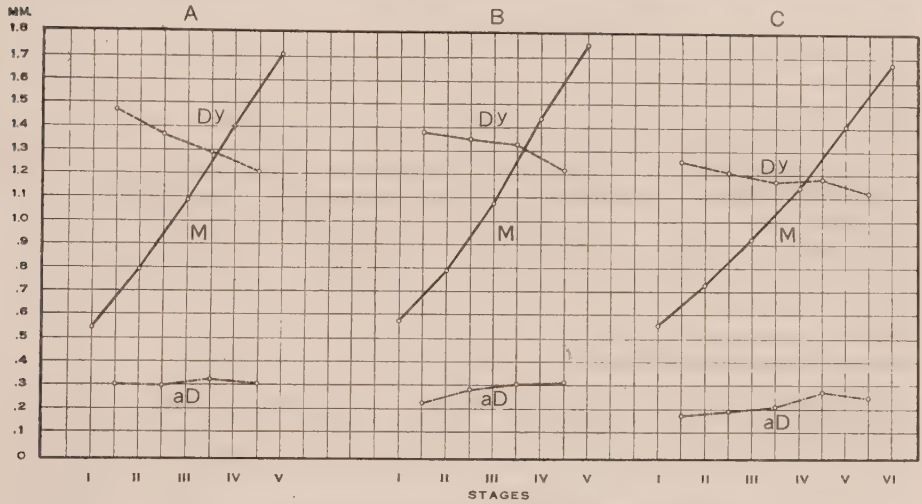


Abb. 2. Ordinate: Stadien für jede Art. Abszisse: Masse in Millimetern.
A = *Neodiprion nanulus* 1931; B = *Neodiprion dubiosus* 1930|31; C = *Neodiprion swainei* 1930|31;
M = die Mittel; Dy = der Dyarsche Koeffizient; D = die Differenz der Mittel.

gesamten Raupenentwicklung drei, höchstens vier Wochen. Das erste Stadium ist zeitlich das längste, die anderen nehmen mit zunehmender Zahl an Länge ab. Die beiden anderen Arten zeigen gerade umgekehrte Verhältnisse. Die Länge der Raupenstadien steigert sich mit zunehmender Zahl. Die Gesamtentwicklung ist im günstigsten Falle fünf Wochen, meist aber viel später abgeschlossen. Es wäre nun möglich, daß je kürzer und konzentrierter die Entwicklung abläuft, sich die Mittel der einzelnen Stadien in ihrem gegenseitigem Verhältnisse mehr und mehr einer geometrischen Progression nähern. Je länger aber ein Raupenstadium bei gleicher absoluter Größe der Mittel der Kopfkapselbreite der ersten Stadien, desto eher kann es vorkommen, daß Störungen physiologischer Natur sich in bezug auf die Variationsbreite, den absoluten Wert der Mittel usw. der nachfolgenden Stadien, auswirken. Es wäre jedenfalls eine sehr interessante Aufgabe dieser Sache auf breiterer Basis nachzugehen.

Tabelle 3.

Quotient der Mittel, Dyarscher Koeffizient.

Art	Stadien				
	II/I	III/II	IV/III	V/IV	VI/V
N. nanulus 1931	1,472	1,369	1,294	1,216	—
N. dubiosus 1930	1,380	1,342	1,314	1,262	—
1931	1,376	1,372	1,348	1,179	—
Mittel 1930/31	1,378	1,357	1,331	1,220	—
N. swainei 1930	1,313	1,267	1,235	1,246	1,184
1931	1,309	1,268	1,222	1,233	1,176
Mittel 1930/31	1,311	1,267	1,228	1,239	1,180

Tabelle 4.

Differenzen der Mittel.

Art	Stadium				
	II/I	III/II	IV/III	V/IV	VI/V
N. nanulus 1931	0,304	0,293	0,319	0,304	—
N. dubiosus 1930	0,225	0,267	0,229	0,361	—
1931	0,221	0,301	0,386	0,268	—
Mittel 1930/31	0,223	0,284	0,307	0,314	—
N. swainei 1930	0,174	0,195	0,228	0,282	0,263
1931	0,175	0,199	0,209	0,268	0,250
Mittel 1930/31	0,174	0,197	0,218	0,275	0,256

Die Standardabweichung.

Es war vorauszusehen, daß die Standardabweichungen mit zunehmenden Stadien, d. h. mit zunehmender Größe der Kopfkapsel, wachsen werden. Andrerseits hängen die tatsächlichen Werte derselben zum allergrößten Teil von der Zahl der gemachten Beobachtungen ab. Natürlich gibt es auch hier eine Grenze. Dieser Grenzwert tritt dann ein, wenn so viele Beobachtungen vorliegen, daß der Kurventyp mit 100 % Wahrscheinlichkeit bestimmt ist. Also die Standardabweichung der idealen Kurve der betreffenden Häufigkeitsverteilung. Beim Beurteilen der tatsächlichen Werte der hier errechneten Standardabweichungen (Tab. 5) müssen zwangsläufig auch die Beobachtungszahlen (Tab. 1) herangezogen werden. So wurde z. B. für *N. dubiosus* im Jahre 1930 für das erste Stadium bei 376 Messungen ein Wert von 0,018 mm, im Folgejahr bei 126 Messungen ein solcher von 0,038 mm erhalten. Hier kann ohne Gefahr behauptet werden, daß

der große Wert von 0,038 mm nur eine Folge einer zu kleinen Zahl von Beobachtungen ist. Ähnlich, wenn auch nicht gleich, liegen die Verhältnisse beim letzten Stadium derselben Art. Für die ideale Häufigkeitsverteilung halte ich den Wert von 0,108 mm im Jahre 1930 für zu hoch, den von 0,076 mm im Jahre 1931 für zu niedrig. Verantwortlich mache ich wieder die Zahl der Beobachtungen, nur mit dem Unterschied, daß dieselben in keinen der beiden Jahre genügte. Um eine vergleichsfähige Standardabweichung zum ersten Stadium zu erhalten, bezw. die Häufigkeitsverteilung einwandfrei charkterisieren zu können, mußte bei der viel größeren Variationsbreite, die Zahl der Messungen für das letzte Stadium wenigstens 1200 betragen haben. Der außerordentlich hohe und sicherlich vom idealen weit abweichende Wert der Standardabweichung des fünften Stadiums von *N. swainei* im Jahre 1930 bedarf ebenfalls einer Aufklärung. Die äußeren Merkmale zur Trennung der letzten beiden Stadien sind äußerst vage und da sich die Häufigkeitsverteilungen außerdem noch überschneiden, ist eine Zuteilung zu einem oder dem anderen Stadium erst nach langer Übung möglich, in manchen Fällen aber praktisch undurchführbar. Aus diesen Gründen wird es verständlich erscheinen, wenn im ersten Jahre der Versuchsanstellung diesbezügliche Fehler unterlaufen sind, welche sich insbesondere in der Standardabweichung auswirken. Im Jahre 1931, mit weit mehr Erfahrung auf diesem Gebiete, nähern sich die Werte schon mehr den tatsächlichen Verhältnissen.

Tabelle 5.

Standardabweichung in Millimetern.

Art	Stadium					
	I	II	III	IV	V	VI
N. nanulus 1931 . .	0,024	0,031	0,051	0,051	0,044	—
N. dubiosus 1930 . .	0,018	0,032	0,052	0,080	0,108	—
1931 . .	0,038	0,036	0,074	0,076	0,076	—
N. swainei 1930 . .	0,024	0,036	0,048	0,058	0,103	0,067
1931 . .	0.033	0,040	0,062	0,062	0,076	0,072

Die Gesetzmäßigkeit der Häufigkeitsverteilungen.

Nachdem festgestellt wurde, daß die Breite der Kopfkapsel keine konstante, sondern eine variable Größe ist, entsteht die Frage ob und welche Gesetzmäßigkeit für die Häufigkeitsverteilung eines Stadiums vorliegt. Analoge Messungen in anderen Stämmen des Tierreiches und insbesonders des Menschen ließen eine normale oder Gaussche Häufigkeitsverteilung erwarten. Bei den diesbezüglichen Untersuchungen wurde zuerst die Symmetrie der Häufigkeitsverteilungen vorgenommen. Im allgemeinen sind die Asymmetriekoeffizienten klein bis bedeutungslos. Auch hier tritt der Einfluß der Zahl der Beobachtungen deutlich hervor. Die

Vorzeichen, 11 positive und 16 negative, deuten ebenfalls keine bestimmte Gesetzmäßigkeit an und würden wohl allesamt verschwinden, könnte die Zahl der Beobachtungen wesentlich erhöht werden.

Tabelle 6.

Asymmetriekoeffizienten.

Art	Stadium					
	I	II	III	IV	V	VI
N. nanulus 1931 . .	+ 0,062	— 0,216	+ 0,001	— 0,120	— 0,298	—
N. dubiosus 1930 . .	+ 0,002	— 0,064	— 0,217	— 0,068	+ 0,049	—
1931 . .	— 0,097	— 0,056	— 0,082	— 0,047	— 0,139	—
N. swainei 1930 . .	— 0,045	— 0,150	— 0,010	— 0,279	+ 0,055	+ 0,033
1931 . .	— 0,166	— 0,140	+ 0,011	+ 0,114	+ 0,026	+ 0,169

Das Einpassen der Häufigkeitsverteilungen in die Gaussche Verteilung wurde mit Hilfe des Modulus und Bowleys Tabellen unter Benützung der folgenden Formeln durchgeführt:

$$F(\psi) = \frac{1}{3\sqrt{\pi}}\left[1 - e^{-x^2(1-2\psi^2)}\right]$$

$$f(\psi) = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_0^x e^{-x^2 d\psi}$$

Die daraus errechnete Summe der Fehlerquadrate, x^2, war in allen Fällen nahezu klein genug um die Annahme zu rechtfertigen, daß alle Häufigkeitsverteilungen normale Verteilungen darstellen. Bei den höheren Stadien mußten allerdings die Klassen gröber gewählt, bei einzelnen Stadien mit geringer Anzahl von Beobachtungen auch Ausgleichungen vorgenommen werden. Fallweise und aus Interesse wurde auch mit den Pearsonschen Tabellen gerechnet. Bezüglich der Enden der Häufigkeitsverteilung wurden wie üblich je nach Größe der Variationsbreite ein bis mehrere Klassen vernachlässigt.

Schlußfolgerungen.

1. Die Kopfkapselbreite eines Stadiums in allen drei untersuchten Blattwespen-Afterraupen ist nicht konstant. Ohne Gefahr kann dieser Schluß auf alle Insekten ausgedehnt werden.
2. Die Mittel von Häufigkeitsverteilungen von aufeinanderfolgenden Stadienpaaren weisen einen fallenden Quotient und steigende Differenzen auf. Die Größe und Abnahme des Quotienten scheint arteneigen zu sein. Es besteht die Möglichkeit den Quotient in ursächlichen Zusammenhang mit der Dauer der Larvenentwicklung und vielleicht anderen physiologischen Faktoren zu bringen.
3. Die Häufigkeitsverteilungen der Kopfkapselmaße innerhalb eines Stadiums entsprechen sogenannten normalen oder Gausschen Verteilungen. Die aufscheindende Asymmetrie ist bedeutungslos. Bei

ähnlichen Untersuchungen ist es empfehlenswert die Zahl der Beobachtungen möglichst groß zu wählen. Bei den jüngeren Stadien werden 500 bis 1000, bei den höheren 2000 bis 3000 Messungen schon ziemlich einwandfreie Resultate ergeben.

4. Ein Unterschied in den Kopfkapselmaßen ein und desselben Stadiums, in den beiden Untersuchungsjahren, wurde nicht gefunden.
5. Weil mit jeder neuen Häutung die Variationsbreite sich vergrößert, werden die Häufigkeitspolygone oder Kurven flacher. Die Verbindung der Kulminationspunkte scheint ebenfalls einer Gesetzmäßigkeit zu folgen. Auf die Erfassung der letzteren wurde kein Gewicht gelegt.
6. Der Dyarsche Koeffizient zur Bestimmung der Zahl der möglichen Stadien einer Art muß bei Blattwespen, ich bin aber überzeugt auch bei Lepidopteren, mit größter Vorsicht benutzt werden. Es ist selbstverständlich, daß, wenn Dyars Theorie richtig wäre, in erster Linie die Mittel der Häufigkeitsverteilungen derselben folgen müßten. Daß dies nicht der Fall ist wurde bereits bewiesen.

Die Gefahren welche die Anwendung dieses Gesetzes in sich birgt soll noch an einigen Beispielen gezeigt werden. Der Quotient der Mittel zwischen dem vierten und fünften Stadium von *N. nanulus* beträgt 1,216. Der Vergleich zwischen den errechneten und tatsächlichen Mitteln der Stadien 1—3 gibt folgendes Bild:

Tabelle 7.

N. nanulus, Kalkulation der Mittel mit Hilfe der des 4. und 5. Stadiums nach Dyar.

Stadium	Mittel	
	tatsächlich	kalkuliert
III	1,085	1,154
II	0,792	0,549
I	0,538	0,780

Das kalkulierte Mittel des ersten Stadiums, 0,780, ist nahezu so groß wie das tatsächliche zweite. Danach wäre vor dem ersten Stadium noch ein weiteres möglich. Ganz ähnliche Ergebnisse errechnen sich aus den beiden anderen Arten.

Tabelle 8.

Kalkulation der Mittel mit Hilfe der letzten Stadien nach Dyar.

Stadium	Neodiprion dubiosus		Neodiprion swainei	
	kalkuliert	tatsächlich	kalkuliert	tatsächlich
IV	—	—	1,199	1,143
III	1,090	1,047	1,019	0,939
II	0,863	0,780	0,866	0,740
I	0,683	0,565	0,736	0,565

Also sogar bei der Annahme, daß es große Mengen von Beobachtungen vorliegen wie in diesem Falle, in welchen eine derartige Kalkulation ja überflüssig wird, kann das Dyarsche Gesetz keine Anwendung finden.

Wenn aber bei praktischen Arbeiten nur einige wenige Messungen vorgenommen werden, wie dies ja allgemein der Fall zu sein pflegt, dann kann vor der Benützung der Dyarschen Theorie nicht genug gewarnt werden. Wie weit das gehen kann habe ich nicht nur selbst errechnet, siehe Tabelle 9, sondern auch anläßlich einer Entomologenversammlung kennen gelernt. Vertrauend auf die Richtigkeit der Dyarschen Theorie berichtete ein Herr das ein Bockkäfer, wenn ich mich recht erinnere Cyllene robiniae Forst., nicht weniger als 18 Häutungen durchmacht.

Tabelle 9.

N. nanulus-Kalkulation der möglichen Stadien mit Hilfe des Dyarschen Koeffizienten.

Stadium	Kalkuliert	Tatsächlich
III	1,300	1,085
II	1,140	0,792
I	1,000	0,588
—	0,890	—
—	0,780	—
—	0,680	—
—	0,590	—

Die in Tabelle 9 verwendeten Werte *N. nanulus*, liegen gar nicht so weit vom Mittel entfernt (5. Stadium 1,680 mm, 4. Stadium 1,480 mm, Koeffizient 1,135). Bei praktischen Aufgaben, in welchen man nie weiß, ob einzelne Messungen nicht noch weiter vom Mittel abliegen, welche Klasse der Häufigkeitsverteilung sie repräsentieren, können noch unmöglicherere Ergebnisse erwartet werden. In dem gewählten Beispiele sind jedenfalls vier überzählige Stadien genügend Beweis für die Unbrauchbarkeit dieses Gesetzes für Stichproben.

Diese kleine Studie an Kopfkapselbreiten von Afterraupen zeigt wieder einmal recht deutlich, welche Mengen von Beobachtungen notwendig sind, um nur einigermaßen richtige Schlüsse ziehen zu können. Gesetzmäßigkeiten über Maße und Entwicklungsvorgänge in der Entomologie sind nur dann verläßlich erfaßbar, wenn Massen von Individuen zur Untersuchung gelangen. Nur dadurch können in der so verwickelten Natur Zufallserscheinungen, wie sie am einzelnen Individuum auftreten, ausgeschaltet werden.

Kleine Mitteilungen.

Berieselung und Malaria.

Von Prof. Dr. St. Konsuloff-Sofia.

In vielen Fällen kann die Berieselung die Mückenvermehrung begünstigen, gleichzeitig auch die Malariaverbreitung. Von besonderer Bedeutung ist in dieser Beziehung die Berieselung der Reisfelder, die gewöhnlich monatelang unter Wasser liegen und mit ihrer Wassertiefe, Temperatur und Wasserstoffionenkonzentration für die Entwicklung der Anophelinen sehr günstige Bedingungen bieten. Treffend nennt Grassi die Reisfelder „Das Paradies der Anophelinen". Wenn man bedenkt, welche Verbreitung die Reiskultur in den tropischen und subtropischen Ländern hat, dann wird auch die große Bedeutung klar, die eine Methode der Bekämpfung der Malariamücken in den Reisfeldern haben kann.

Andererseits kann die Berieselung auch der Obst- und Gemüsegärten in den Malariagegenden die Vermehrung der Anophelinen stark begünstigen, weil die mit Gras bewachsenen Schichten, Randpartien der Kanäle und besonders die oft mit den Kanälen verbundenen kleinen Teiche bevorzugte Brutstätten für die Larven dieser Mücken darstellen. Eine praktische Bekämpfungsmethode also könnte auch in diesen Fällen von großem Nutzen sein.

Die bekannten italienischen Malariaforscher Celli und Cassagrandi haben eben zu dem Zwecke versucht, die Grundlagen einer Bekämpfungsmethode festzustellen, und zwar durch das Trockenlegen der Reisfelder.[1]) Sie sind aber zu dem Schlusse gekommen, daß auf diesen Weg die Vernichtung der Malariamücken unmöglich sei.

Im Jahre 1921 habe ich Untersuchungen in dieser Richtung hin unternommen und gezeigt, daß wirklich die Versuche der früheren Autoren richtig sind, daß man aber nicht berechtigt war, daraus gerade den Schluß zu ziehen: die Vernichtung der Mücken auf dem Felde sei unmöglich. In den Untersuchungen, die ich seinerzeit in dieser Zeitschrift veröffentlichte,[2]) habe ich die Grundlagen einer praktischen Methode zur Bekämpfung der Malariamücken dargelegt.

Die Laboratoriumversuche haben gezeigt, daß die Mückenlarven eine Temperatur über 37° C überhaupt nicht mehr ertragen können. Wenn wir ein Reisfeld oder einen Berieselungskanal während eines Sommertages trocken legen, wird die Temperatur der obersten Schichten des Schlammes, wo sich die Mückenlarven sammeln, diese obere Grenze weit überschreiten. Auf diese Weise habe ich eine Methode der Mückenbekämpfung durch intermittente Berieselung gegeben.

In seiner Kritik hat der bekannte Malariaforscher Grassi auf den schroffen Widerspruch zwischen meinen Resultaten und denjenigen von Celli und Cassagrandi hingewiesen, auf Grund deren er es für unmöglich hielt, die Malariamücken durch intermittente Berieselung vernichten zu können. Zusammenfassend schreibt Grassi: „Io sono percio

[1]) Celli, Angello, Die Malaria nach den neuesten Forschungen. Berlin-Wien 1900.

[2]) Konsuloff, St., Die Bekämpfung der Malariamücken in den Reisfeldern. Zeitschr. f. angew. Entom. 1922, Bd. VIII, Heft 2.

d'aviso che si debba sperimentare anche in Italia il metodo Konsuloff, pur non riuscendo a persuadermi che non abbiamo dato alcun fondamento gli sperimenti di Celli, i quali, come ho detto, hanno dato risultati in stridente contradizione con quelli di Konsuloff. Experimenta docebit." [1]) Mit großem Interesse erwarte ich die Resultate der Prüfung dieser Methode.

Eine planmäßige Prüfung hat Dr. Collins, Vertreter der Rockefeller-Foundation in Bulgarien und Direktor der Antimalaria-Station in Petritsch (Bulgarien) unternommen. Da die Resultate vorläufig nur in bulgarischer Sprache im Archiv der bulgarischen Sanitätsdirektion [2]) erschienen sind, halte ich es für zweckmäßig sie hier kurz zu erwähnen.

Die Arbeiten von Dr. Collins haben im Jahre 1928 und 1929 in einigen Dörfern im Kreise von Petritsch angesetzt und wurden im Jahre 1930 und 1931 im Kreise von Plovdiv weitergeführt. Die Resultate der Anwendung meiner Methode sind aus dem folgenden Schluß ersichtlich: „Soweit es sich um die Vernichtung der Larven während der Austrocknung handelt, gewährten die Resultate alles, was man wünschen konnte. Bei der starken Bewässerung nach der Austrocknungsperiode fand man weder Puppen noch Larven irgendwelcher Art." Nach Dr. Collins gibt die intermittende Berieselungsmethode gute Resultate, wenn die Reisfelder gut nivelliert sind: „Das System der intermittenten Berieselung, wenn sie in gut bebauten Reisfeldern angewendet wird, führt zur völligen Vernichtung der Anopheleslarven. Eine Ausnahme machen die schlecht nivellierten Reisfelder, wo sich das Wasser in kleinan Pfützen sammelt und einer Anzahl von Larven ermöglicht, die Periode der Austrocknung auszuhalten." „. . . Die intermittente Berieselung gibt ein fast ideales Mittel zur Vernichtung der Anopheleslarven. Es hat sich herausgestellt, daß die Reisfelder, die in Intervallen von 8—10 Tagen trocken gelegt werden, praktisch ungefährlich als Mückenbrutstätte werden."

Durch die Versuche von Dr. Collins aber wird ein Punkt nicht genügend aufgeklärt: Wird der Ertrag der Reiskultur durch die intermittente Berieselung positiv oder negativ beeinflußt? Die bisherigen Resultate Dr. Collins sprechen für die Annahme, daß durch diese Methode der Ernteertrag erhöht wird. Um diese Frage wie auch die Frage nach der Menge des verbrauchten Wassers nach dieser Methode zu beleuchten, hat Dr. Collins unter der Mitwirkung des bulgarischen Landwirtschaftsministeriums im Jahre 1933 neue Versuche vorbereitet.

Die Frage aber nach dem Ernteertrag der Reisfelder, die nach dieser Methode berieselt werden, ist schon von anderen Forschern näher untersucht worden, Wosskressenski und Brenn, die in der Tropenabteilung des bakteriologischen Reichsinstituts in Baku (Sovjetrußland) tätig sind, haben in der Provinz Aserbeidshan Versuche über die Wirksamkeit der intermittenten Berieselung als Bekämpfungsmittel gegen die Malariamücken angestellt und gleichzeitig auch die Ernte der Reisfelder verfolgt. [3]) Diese Autoren haben in einem Lande gearbeitet, wo in den Reisfeldern dieselben Malariamückenarten verbreitet sind wie in Europa, nämlich *Anopheles maculipennis* Meigen. und *Myxorhynchus pseupictus* Grassi. Die Ergebnisse sind aus dem folgenden Passus ersichtlich: „Die Reiskultur zeigte am Ende der Beobachtungszeit ein etwas geringeres Höhenwachstum als die Kontrollkultur. Doch war sie dafür auch viel weniger mit Pflanzen und Algen verunreinigt und es konnten die in diesem Bezirk sehr verbreiteten Pilzerkrankungen fast gar nicht nachgewiesen werden. Der Ernteertrag war bedeutend größer als der von den Kontrollflächen (113,3 und 83). Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Methode kurzfristiger Trockenlegung . . . keinen Schaden für die Reiskultur bringt und daß sie als wirksames Bekämpfungs-

[1]) Grassi, B., Gelsicoltura, Bachicoltura e Risicoltura. (Circeo 21, IV, 1923.)

[2]) Collins, R., Vorläufige Übersicht über die Untersuchungen über die Reisfeldermalaria in Bulgarien. (Archiv der Hauptsanitätsdirektion Bd. I, 400—408, 1933.)

[3]) Wosskressenski, B., und Brenn, H., Das Trockenlegen der Reisfelder für kurze Zeit als prophylaktisches Mittel im Kampf gegen die Malaria in Aserbeidshan (Arch. f. Schiffs- u. Tropenkrankh. Bd. 32, 1928).

mittel gegen die Malaria anzusehen ist. Es genügt für die Vernichtung der Anopheleslarven alle 15 Tage eine Entwässerung von 3 Tagen."

Nach den so bestandenen Prüfungen also kann diese Methode als zuverlässig und als praktisch sehr leicht anwendbar angesehen werden.

Meine Methode ist in dieser Zeitschrift 1921 veröffentlicht worden, deshalb werde ich hier nicht näher darauf eingehen. Ich will nur bemerken, daß Dr. Collins gezeigt hat, daß sie nicht auf einer nnd derselben Weise in verschiedenen Klima angewendet werden dürfte. Die von mir gegebenen Zeiträume, wo die Reisfelder unter Wasser bleiben können, sind auf Grund der Versuche festgelegt, die ich in Südbulgarien gemacht habe. Dr. Collins hat im Strumatal gearbeitet, wo das Klima wärmer ist und die Entwicklung der Mückenlarven schneller vor sich geht. Anstatt 10—12 Tage, die ich für Südbulgarien empfohlen habe, findet Dr. Collins für das wärmere Klima des Strumatals es richtig, die Reisfelder nur 7—8 Tage unter Wasser zu lassen, damit man sicher sein kann, daß keine Mückengeneration genügende Zeit für ihre Entwicklung finden wird.

Wenn man also die intermittende Berieselungsmethode als Bekämpfungsmittel gegen die Anopheleslarven ausnutzen will, muß man das Klima des Ortes und die Temperatur der Saison in Betracht ziehen und danach die Zahl der nötigen Bewässerungs- und Austrocknungstage festlegen.

Diese Methode wurde ursprünglich für die Reisfelder festgelegt. Selbstverständlich kann sie auch bei der Mückenbekämpfung in sämtlichen Berieselungskanälen und besonders in den oft mit ihnen verbundenen seichten Teichen Anwendung finden.

Zusammenfassung.

1. Im Bd. VIII der „Zeitschrift für angewandte Entomologie" hat Verfasser seine Methode der intermittenten Bewässerung der Reisfelder dargelegt, die die Vernichtung der Anopheleslarven und die Vorbeugung der Malariaverbreitung bezweckte. Diese Methode ist einerseits von Woskressenski und Brenn und andererseits von Dr. Collins einer Prüfung unterworfen worden und die Ergebnisse werden hier kurz mitgeteilt.
2. Diese Methode hat sich als ein wirksames Bekämpfungsmittel gegen die Anopheleslarven erwiesen.
3. Die Ernte der Reisfelder, die nach dieser Methode bewässert werden, wird nach Woskressenski und Brenn bedeutend gesteigert, weil die Pflanzen auf diese Weise weniger an Pilzkrankheiten leiden.
4. Diese Metbode kann bei der Bewässerung sämtlicher Kulturen Anwendung finden, wo sich das Wasser in den Bewässerungskanälen oder in deren Umgebung länger als 3 Wochen aufhalten kann.
5. In den Zonen mit wärmerem Klima sollte das Trockenlegen nicht nach 12 Tagen, wie gewöhnlich, sondern nach ca. 8 Tagen geschehen.

Boarmia bistortata Goeze als primärer Schädling der Tannenbestände.

Von S. S. Prosoroff.

(Aus dem Sibirischen Forschungsinstitut für Waldwirtschaft.)

(Mit 3 Abbildungen.)

In der forstentomologischen Literatur ist *Boarmia bistortata* (Abb. 1) bisher nicht als ernster Feind der Tanne vermerkt worden. Diese weit verbreitete Spannerart ist als ziemlich bedeutungsloser Schädling der Laubhölzer bekannt, der nur äußerst selten Nadelholz angreift.

Unsere Untersuchungen der westsibirischen Wälder zeigen jedoch, daß *Boarmia bistortata* zu den gefürchtetsten Feinden der Sibirischen Tanne (*Abies sibirica* Led.) ge-

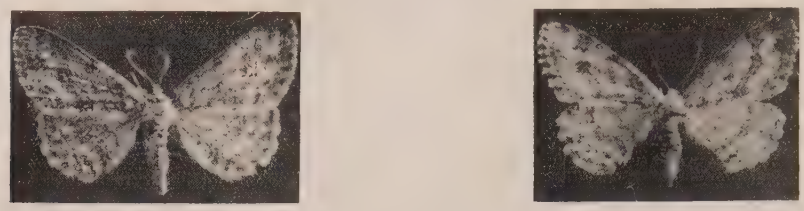


Abb. 1. *Boarmia bistortata* Goeze. Links ♂, rechts ♀.

rechnet werden muß, und daß ihr nach dem gewaltigen Schaden den ihre Raupen in Tannenbeständen anrichten die Bezeichnung Tannenspanner zukommt.

Abb. 2. Von *Boarmia bistortata* kahlgefressener Tannen- und Arvenunterwuchs.

Nachstehend gebe ich kurz die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung der Fraßherden der *B. bistortata* in Tannenbeständen des Sajanvorgebirges. Das Untersuchungs-

gebiet liegt zwischen 53° und 54° n. Br. und 94°—96° ö. L. und umfaßt größere Waldkomplexe mit Vorherrschaft der Tanne. Es kommen hier vor sowohl reine Tannenbestände als auch Mischbestände von Tanne und Fichte, Arve, Birke oder Aspe. Die Mehrzahl der meist im lockeren Schluß (0,7) stehenden, nicht selten aber ganz geschlossenen Tannenbestände gehört zu der V.—VI. Altersklasse und der dritten Bonität.

Das Massenschwärmen des Tannenspanners in dem Untersuchungsgebiet fällt in die letzten Tage des Mai oder in die erste Junihälfte. Die Fraßperiode ist von recht kurzer Dauer: gegen Mitte Juli hören die Raupen zu fressen auf und gehen zur Verpuppung unter die Streu. Die Puppe überwintert; nur äußerst selten schlüpfen einzelne Falter noch in demselben Herbst.

Die Raupen der *B. bistortata* zeichnen sich durch große Polyphagie aus. Sie befressen die verschiedensten Pflanzen des Bodenüberzuges, meiden aber einige wenige Arten, wie z. B. Farne und Süßgräser. Von den Sträuchern werden gern angenommen: Himbeere, Johannisbeere, Geißblatt; von den unterständigen Laubholzarten: Traubenkirsche, Eberesche, Erle u. a. Am Unterwuchs ist es in der Regel nur die Tanne, die von Spannerraupen angegangen wird; nur sehr selten werden sie an Arven-, Kiefern- oder Fichtenunterwuchs gesehen. Im Bestande selbst beschränkt sich der Raupenfraß in gleicher Weise fast ausschließlich auf die Tannenkronen.

Abb. 3. Die Puppen von *Boarmia bistortata* unter der Streuschicht. (August 1932.)

Beim schwachen Befall breitet sich der Fraß nur auf die lebende Bodendecke, Sträucher und Unterwuchs aus; neben dem Unterwuchs werden aber auch oft die Bäume des unteren sowie die unterdrückten Stämme des oberen Kronendachs befressen.

Bei größerer Larvenfrequenz werden auch die Kronen der herrschenden und vorherrschenden Tannen von unten nach oben befressen. In den meisten Fällen bleiben jedoch die Kronenspitzen auch beim intensivsten Angriff verschont. Dieser Umstand darf bei Flugzeugrekognoszierungen der befallenen Bestände nicht außer acht gelassen werden, denn von oben herab können auch die stark befressenen Bestände leicht übersehen werden.

Die jüngst heimgesuchten Bestände zeichnen sich aus durch die kahlgefressene Boden- und Strauchflora, durch Gespinstfäden und von Jungraupen zerfaserte und rot verfärbte Nadeln am Jungwuchs, sowie durch die von erwachsenen Raupen kahlgefressenen Zweige, die — im Gegensatz zu den Beschädigungen älteren Datums — ihre Elastizität noch beibehalten haben.

Wie bereits erwähnt, gehen die Raupen zur Verpuppung in den Boden. Die Puppen liegen im Bereich des auf den Boden projezierten Kronendaches. Eine Steigerung der Puppenzahl wird oft in 2 m Entfernung vom angegriffenen Stamm festgestellt, doch ist beim Massenfraß und geschlossenem Bestand die Verteilung der Puppen im Boden innerhalb des Fraßgebiets mehr oder weniger gleichmäßig. Die meisten Puppen lagern in der untersten Schicht der Bodendecke, zahlreiche Puppen werden aber auch unter der Streu und nur wenige in der obersten Mineralbodenschicht angetroffen.

Je Quadratmeter Bodenfläche wurden 1932 im untersuchten Fraßgebiet durchschnittlich 100 Puppen gezählt, stellenweise erreichte jedoch die Besetzungsdichte das Vielfache davon, bis 886 Puppen je Quadratmeter. Die Untersuchung der Puppen auf ihren Gesundheitszustand ergab, daß über die Hälfte der Puppen von Parasiten, zumeist Schlupfwespen, befallen waren. Im Durchschnitt aus 300 untersuchten Probeflächen betrug das Parasitierungsprozent 52 bei einem Minimum von 24 % und einem Maximum von 90 %.

Die Gradation des Tannenspanners hat 1932 offenbar ihren Höhepunkt erreicht und dürfte, nach dem hohen Parasitierungsprozent der Puppen zu urteilen, im Abnehmen begriffen sein.

Die von *Boarmia bistortata* befressenen Tannenbestände sterben ziemlich rasch ganz ab. Die geschwächten Stämme fallen leicht sekundären Schädlingen zum Opfer; von diesen sind in erster Linie zu nennen: *Monochamus rosenmuelleri* Ced., *Pityogenes chalcographus* L. und *Xyloterus lineatus* Oliv. Am meisten verbreitet ist der Bockkäfer, dem auch größere wirtschaftliche Bedeutung zukommt. In den 1932 befressenen Beständen werden Eitrichter und junge unter der Rinde fressende Larven von *M. rosenmuelleri* recht vereinzelt angetroffen. In den Fraßherden von 1931 trifft man Larven, die sich tief ins Holz eingebohrt haben und in den alten Sterbelücken bereits Fluglöcher.

Die Befalldichte und die Produktion der sekundären Schädlinge ist vorläufig noch gering, eine Ausnahme bilden die vor 1931 von *B. bistortata* befressenen Bestände, wo z. B. für *M. rosenmuelleri* bis 8 Fluglöcher je Quadratdezimeter Rinde gezählt wurden.

Referate.

Einzelreferate.

Weber, H., Lehrbuch der Entomologie. 726 S., 555 Abb. Jena, Verlag Gustav Fischer. Preis brosch. RM 36,—, in Leinen RM 38,—.

Die letzten Jahrzehnte haben unsere Kenntnisse auf entomologischem Gebiet außerordentlich erweitert. Es gilt dies für alle Einzeldisziplinen des Gebietes. Sowohl bezüglich der Insektenmorphologie, wie auch der Physiologie, Ökologie und Systematik ist das einschlägige Schrifttum auf einen Umfang angewachsen, daß selbst der Fachentomologe es kaum mehr zu übersehen vermag. Ein zusammenfassendes Werk, das diesen neuen Forschungsergebnissen Rechnung trägt, war in der Deutschen wissenschaftlichen Literatur ein dringendes Bedürfnis. So muß man dem Verfasser Dank wissen, daß er ihm abzuhelfen versuchte und sich der mühevollen Arbeit unterzog, das riesige Material zusammenzutragen und übersichtlich darzustellen. Sein Buch zeichnet sich durch eine klare dabei aber zugleich außerordentlich konzentrierte Sprache aus. Die reichlich beigegebenen Abbildungen tragen wesentlich zum Verständnis des Textes bei, der sich in ein Kapitel über Skelett und Muskulatur, ein solches über Organe des Stoffwechsels, über Fortpflanzung und Entwicklung, über Ökologie und über das System gliedert. Der Leser, der Webers Buch als Nachschlagewerk benutzt, wird das reichhaltige Literaturverzeichnis, das den Band beschließt, besonders begrüßen. Wenn auch sachlich einiges an den Darstellungen Webers auszusetzen ist — ich habe hier vor allem den ökologischen Teil im Auge, die vielfach übermäßig schematisierten Abbildungen und das Fehlen der Autorennamen — so bleibt das Webersche Werk doch als Ganzes genommen eine Leistung, die volle Anerkennung verdient. K. E.

Böhner, Konrad, Geschichte der Cecidologie. (Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte naturwissenschaftlicher Forschung und ein Führer durch die Cecidologie der Alten.) Nebst einer Vorgeschichte zur Cecidologie der klassischen Schriftsteller von Felix von Öfele. I. Teil. Mittenwald, Verlag Arthur Nemayer. 1933, 466 S. Preis geh. RM 39,—.

Pharmazeutik und angewandte Entomologie haben mancherlei Berührungspunkte. Einer derselben — und mit der wichtigste vielleicht — ist die Cecidologie, soweit sie die tierischen Gallenerreger betrifft. Welche Bedeutung diese in der Arzneiwissenschaft und Technik von einst und jetzt besitzen, wird einem bei der Lektüre des Böhnerschen Werkes klar, das einen schönen Beitrag nicht nur zur Geschichte der Pharmazeutik und zu jener der angewandten Entomologie, sondern zur Kulturgeschichte überhaupt bildet. Von der pharmazeutischen Bedeutung der verschiedenen Gallen pflegt der Fachentomologe im allgemeinen wenig zu wissen. Um so dankbarer wird er es begrüßen, daß hier von berufener Seite ein Werk begonnen wurde, das ihm alles Wesentliche über dieses Gebiet vermittelt. Mit besonderem Interesse wird er — sofern er für historische Dinge überhaupt Verständnis besitzt — auch die Ausführungen Felix von Öfeles verfolgen, die

dem Buche beigegeben sind. Sie berücksichtigen nicht nur die Klassiker im engeren Sinne, sondern reichen viel weiter bis in das dritte Jahrtausend v. Ch. zurück und ziehen selbst die ältesten Keilschrift- und Hyroglyphentexte heran, in denen — soweit sie von medizinischen Dingen handeln — die „Nuß des Wurmes“ (Levantegalle) immer wieder als Heilmittel auftaucht. Aber nicht in einer einfachen Zusammenstellung von Auszügen und Übersetzungen alter Texte liegt der besondere Wert dieses Buches. Die besinnliche, dabei jedoch streng wissenschaftliche Art wie Böhner und von Öfele ihr Material geistig verarbeitet und unter bedeutenden Gesichtspunkten dargestellt haben, ist schlechthin meisterhaft: erkennt man doch auf fast jeder Seite des Werkes, wie selbst im Wechsel unserer Auffassung so kleiner, und für den Laien unscheinbarer Dinge, wie der Pflanzengallen, sich etwas von der gewaltigen Geschichte des menschlichen Geistes offenbart.

Böhner, der siebzigjährige, hat die Schrift dem Andenken seiner beiden im Weltkrieg gefallenen Söhne gewidmet. Das einzigartige Denkmal, das er damit schuf, ist für den, der seine Sprache versteht und ihren tieferen Sinn erfaßt, ergreifender als so manches, das in Erz gegossen oder in Stein gemeißelt wurde. Zwölfer, München.

Koehler, O., Das Ganzheitproblem in der Biologie. Schriften d. Königsberger gel. Ges., Nat. Kl. 9. Jahrg., 1933, 66 S. Als Einzelheft erschienen bei Max Niemeyer, Verlag Halle (Saale). Preis geh. RM 5,—.

Für den unter praktischen Gesichtspunkten arbeitenden Ökologen — gleichviel mit welcher Teildisziplin dieses Gebietes er sich befaßt — ist das Ganzheitproblem nicht neu. Speziell in der angewandt-entomologischen Literatur ist der Begriff als solcher zwar erst durch Friederichs vor einigen Jahren eingeführt worden, doch sind entsprechende Gedankengänge auch hier schon älter. Daß die Lebenseinheiten höherer Ordnung als dynamische Systeme aufzufassen sind, ist jedenfalls eine Vorstellung, die heute vielen Ökologen geläufig sein dürfte. Koehlers Schrift ist für sie insofern von besonderem Interesse, als sie zeigt, daß auch in den übrigen biologischen Arbeitsgebieten die Bewertung der Einzelerscheinung als Teil eines Ganzen, ihre Beurteilung als integrierender Bestandteil dynamischer Systeme mehr und mehr in den Vordergrund tritt. Im einzelnen gibt der Verfasser Beispiele hierzu aus dem Gebiet der Reiz- und Bewegungsphysiologie, der Stoffwechselphysiologie, der Entwicklungsphysiologie und der Vererbungslehre. Er folgt dabei im wesentlichen Gedankengängen wie sie von v. Uexküll, Haldane, Hartmann, Jordan u. a. vertreten werden. Den Entelechiebegriff von Driesch und den Ganzheitfaktor verschiedener Autoren lehnt er als überflüssig ab unter Hinweis auf W. Koehlers Gestalttheorie, die nach seiner Ansicht „geeignet erscheint, die sich fremd gewordenen Einzelwissenschaften zu gegenseitig fördernder Arbeit zu einen“.

Was der Verfasser über das Ganzheitproblem im Hinblick auf die „gemischten höheren Lebenseinheiten“ zu sagen weiß, ist nicht viel. Es bezieht sich im wesentlichen auf die botanisch-orientierten Arbeiten Gradmanns. Die Fülle schlagender Beispiele, die die einschlägige tierökologische Literatur bietet — es sei hier nur an die klassischen Schriften Thienemanns auf limnologischem Gebiet erinnert — scheinen ihm unbekannt geblieben zu sein. So liegt für den ökologisch eingestellten Leser der Hauptwert der Koehlerschen Arbeit in dem anregenden und gedankenreichen Überblick, die sie über das Ganzheitproblem gibt, wie es heute in den oben genannten biologischen Disziplinen zum Ausdruck kommt.

Es verdient besonders anerkannt zu werden, daß Koehler die außerordentlichen Schwierigkeiten, die einer folgerichtigen ganzheitlichen Auffassung organischen Geschehens rein gedanklich im Wege stehen, nicht verkennt: „Eine kausale Erklärung der Systeme, eine Analyse der gestaltenden Ganzheit ist unmöglich“. Damit ist zugleich zugegeben, daß jeder Versuch einer Synthese organischen Geschehens sich stets auf Teilvorgänge beschränken muß und bewußt mit einer weitgehenden Vereinfachung, der in Wirklichkeit fast unübersehbar komplizierten Zusammenhänge zu arbeiten hat. Wenn Koehler die Ergebnisse solch synthetisch konstruktiver Gedankenarbeit als „Symbole“ gewertet wissen

will, so kann dem nicht ganz beigepflichtet werden. Erkenntnistheoretisch gesehen, sind sie Fiktionen — unentbehrliche Vorstellungen allerdings, ohne die ein Zurechtfinden in der ungeheueren Mannigfaltigkeit der Welt der Erscheinungen unmöglich wäre.

Zwölfer, München.

Wolff, G., Leben und Erkennen. 442 S. Verlag Ernst Reinhardt, München. Preis brosch. RM 11,50, Leinen RM 14,—.

Im biologischen Schrifttum der verflossenen Jahre, insbesondere auch in ökologischen Werken, spielen vielfach Betrachtungen eine Rolle, die bislang als ein Reservat der Philosophie galten. Es sei hier nur an die Diskussion des Ganzeheitproblems erinnert. Das dem nicht so ist, und in der Tat zahlreiche Berührungspunkte in den Gedankengängen der Biologen und Philosophen bestehen, weiß der Verfasser überzeugend auseinanderzusetzen. Er will kein neues System geben und seine Erörterungen zunächst nur als „Vorarbeiten zu einer biologischen Philosophie" gewertet wissen. Im übrigen steht er auf dem Boden Kantscher Erkenntniskritik, versucht sie mit dem Vitalismus eines Driesch in Einklang zu bringen, als dessen bedingter Anhänger er sich in seinen kritischen Auseinandersetzungen mit den verschiedenen biologischen Lehren und philosophischen Richtungen erweist. Durch die eingehende Berücksichtigung, die dabei auch das rein philosophische Schrifttum findet, wird das Wolffsche Werk für den philosophisch interessierten Biologen wertvoll. Wenn man dem Verfasser auch in sehr vielem nicht zustimmen kann — wie etwa in seiner Stellungnahme zu den Lehren eines Windelband und Rickert — so bleibt doch die Lektüre seines Werkes für jeden Biologen ersprießlich, der über den tieferen Sinn seines Forschens Klarheit zu gewinnen wünscht. Zum mindesten fördert sie die Erkenntnis, daß die Gefahr einer allzu einseitigen fachwissenschaftlichen Spezialisierung durch vertiefte philosophische Schulung ausgeglichen werden sollte.

Zwölfer, München.

Mathematische Methoden für Versuchsansteller auf den Gebieten der Naturwissenschaften, Landwirtschaft und Medizin. Von Dr. Walter-Ulrich Behrens, Berlin. Mit 14 graphischen Darstellungen. Stuttgart-S., Olgastr. 83, Verlag von Eugen Ulmer. Preis brosch. RM 8,—.

Die Heranziehung quantitativ erfaßbarer Merkmale bei ökologisch-entomologischen Untersuchungen im Feld und Laboratorium hat im einschlägigen Schrifttum mehr und mehr Eingang gefunden. Kaum eine neuere Untersuchung erscheint, die nicht irgendwelche Beobachtungen in Form von Zahlentabellen oder Diagrammen enthält und ihre Schlußfolgerungen darauf aufbaut. So erfreulich dieses Tatsache an sich ist — ermöglicht doch die quantitative Methode eine genauere Erfassung, Darstellung und Beurteilung hierhergehöriger Erscheinungen als die rein deskriptive — so sehr läßt die Auswertung des Zahlenmateriales in vielen Fällen zu wünschen übrig. Meist geschieht dies aus Unkenntnis jener Rechenoperationen, die hierbei Anwendung finden sollten. An geeigneter Literatur, die auch der Nichtfachmathematiker in diesen Fragen zu Rate ziehen könnte, bestand bislang ein fühlbarer Mangel. Es muß daher dankbar anerkannt werden, daß Behrens diesem Bedürfnis abzuhelfen bemüht war und in kurzer, leichtfaßlicher Darstellung, die nur das übliche Maß mathematischer Schulkenntnisse voraussetzt, all das behandelt, was der Versuchsansteller oder Beobachter über die Möglichkeiten der Auswertung seines Zahlenmateriales wissen sollte. Von allen für den Praktiker überflüssigen Formelableitungen, Beweisführungen usw. ist in der Schrift abgesehen. Trotzdem ist sie nach Form und Inhalt mathematisch korrekt. Aus der Fülle des letzteren, der sich aus einem Kapitel über „Rechenhilfsmittel" (15 S.), einem weiteren über „die Verarbeitung von Beobachtungen quantitativer Merkmale" (104 S.) und einem solchen über „Methoden zur Untersuchung nichtquantitativer Merkmale" (17 S.) zusammensetzt, seien besonders hervorgehoben die Abschnitte über Mittelwert, mittlere Abweichung, Gaußsche Verteilung, das beliebige

Verteilungsgesetz, Korrelationsrechnung und empirische Formeln. Die Beispiele sind den verschiedensten Gebieten entnommen. Wenn diese auch nicht unmittelbar in das Fach der angewandten Entomologie gehören, so ermöglicht die einfache Darstellung doch ohne weiteres entsprechende Rechenoperationen auf dieses Gebiet zu übertragen. Bei der Bedeutung, die dem Gegenstand der Schrift zukommt, verdient sie jedenfalls in den Kreisen angewandter Entomologie weiteste Verbreitung. Zwölfer, München.

Frickhinger, Dr. H. W., Achtung! Schädlingsbekämpfung für jedermann. (Ein Leitfaden zur Vernichtung aller Schädlinge in Haus und Garten.) 184 S. mit 148 Abb. Frasdorf im Chiemgau (Obb.), Verlag Erna Horn. Preis brosch. RM 2,—.

Die praktische Schädlingsbekämpfung krankt immer noch daran, daß sie in den Kreisen, die unmittelbar unter Schädlingen zu leiden haben, viel zu wenig bekannt ist. Mit wenigen Ausnahmen gilt dies fast von allen Gebieten der Schädlingskunde. So wie die Dinge zurzeit liegen, ist dem Mißstand nur durch volkstümliche Aufklärung abzuhelfen. Und diese Aufklärung ist vorläufig fast ausschließlich auf literarische Hilfsmittel beschränkt. Als solches ist Frickhingers Büchlein, das sich an weiteste Kreise wendet, vortrefflich geeignet. Die Art, wie der Verfasser es verstanden hat, bei aller Korrektheit, die Ergebnisse mühevoller wissenschaftlicher Forschungsarbeiten zusammenzufassen und im besten Sinn volkstümlich darzustellen, ist vorbildlich. Der Stoff der Schrift — sie behandelt Hausinsekten, Schmarotzer von Mensch und Haustier, Pilz-Bakterien und Insektenschädlinge der Garten- und Gemüsepflanzen, der Obst- und Beerensträucher, Unkrautbekämpfung, endlich noch den Vogelschutz im Garten, — dieser Stoff, wie gesagt, ist einfach, klar und außerordentlich übersichtlich dargestellt. Alles für den Praktiker Wesentliche ist hervorgehoben, Unwesentliches tritt zurück. Der Text, unterstützt von zahlreichen instruktiven Abbildungen, ist so gehalten, daß er ohne jede Vorkenntnisse auch vom Laien verstanden werden kann. So findet der Leserkreis, an den sich das Buch wendet — die Hausfrau, der Gartenbesitzer und Schrebergärtner, der Hunde-, Katzen- und Vogelliebhaber —, in Frickhingers Büchlein Rat in allen einschlägigen Fragen. Zwölfer, München.

Die Landwirtschaft wie sie wirklich ist. Von Benno Marquart. Mit einem Geleitwort von Ministerpräsident a. D. Granzow. Berlin, Verlag Paul Parey. Steif brosch. RM 4,60.

Das im Laufe der Jahrhunderte immer komplizierter gestaltete Wirtschaftsleben hat dazu geführt, daß die Angehörigen der einzelnen Berufsstände „mit verschiedenen Zungen reden und einander nicht mehr verstehen". Hier eine Brücke zum gegenseitigen Verständnis zu schlagen, ist das Ziel des Verfassers, der es in seinem fesselnd und anschaulich geschriebenen Buche unternimmt der Allgemeinheit ein Bild der deutschen Landwirtschaft und ihrer Eigenart zu entwerfen, die Gründe für ihre derzeitige Notlage darzulegen und die sich für die gesamte Volkswirtschaft daraus ergebenden Folgerungen zu ziehen. Man merkt es jeder Seite dieser Schrift an, daß ihr Verfasser mitten in den brennenden Problemen der heimischen Landwirtschaft steht. Für den Wirtschaftsbiologen, der sich mit landwirtschaftlicher Schädlingskunde befaßt, ist das Buch als Einführung in die allgemeinen, agrarpolitischen Fragen hervorragend geeignet. Darüber hinaus vermittelt es ihm eine Fülle statistischen Materiales aus den verschiedensten Einzelgebieten. Jeder angewandt arbeitende Entomologe, der den tieferen Sinn seiner Tätigkeit nicht nur in der Lösung fachwissenschaftlicher Spezialprobleme erblickt, sondern sie als einen produktionsfördernden Faktor der heimischen Landwirtschaft wertet, sollte sich — zumal wenn er selbst Nichtlandwirt ist — mit den Gedankengängen der Marquartschen Schrift vertraut machen. Zwölfer, München.

Neue Literatur.

Eingesandt vom 1. Januar 1932 bis 1. Juli 1933.

Andersen, K. Th., Experimentelle Untersuchungen über die Luftfeuchtigkeit als Faktor der Embryonalentwicklung der Insekten. — Arch. Zool. Ital. XVI, 1931.

Andersen, K. Th., Spitzmäuschen *(Apion virens* Hbst. und *Apion seniculum* Kirby) als Kleeschädlinge. — Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 1932.

Andersen, K. Th., Reizphysiologisches Verhalten und Biologie der *Sitona lineata*-Larve. — Zeitschr. f. vergl. Phys. 1931.

Andersen, K. Th., Das Getreidehähnchen *(Lema lichensis* Voet.). — Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 1932.

Anonymus, Die Nonnengefahr und kein Ende. — Sudetendeutsche Forst- und Jagdzeit. 1931 (Nr. 16).

Arnhart, L., Das Puppenhäuschen der Honigbiene. — Arch. f. Bienenkunde XII, 1931.

Barbey, Aug., Les insectes forestièrs du Park national suisse. (Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchung des schweizerischen Nationalparkes.) — Aarau (H. R. Sauerländer & Co.) 1932 (48 S. im Quart mit 24 Tafeln). Preis fr. 12,—.

Bertrem, J. G., Beschouwingen over takkenboeboeckbestrjding. I. Voorlopigeresultaten van den takkenboeboekbestrijding door middel van takkenboeboeksmeer. — De Bergcultures 1932.

Beyer, H., Die Tierwelt der Quellen und Bäche des Baumbergegebietes. — Abhandl. Westfal. Prov.-Mus., Naturkunde 3. Jahrg., 1932 (185 S.).

Biologische Reichsanstalt. — Krankheiten und Beschädigungen der Kulturpflanzen im Jahre 1930 (bearbeitet von E. Werth). Berlin 1932.

Birschel, H., Staubtechnische Untersuchungen für die Bekämpfung von Schädlingen der Kulturpflanzen. — Dissertation. Königsberg 1933.

Blackmann, M. W., The black hills beetle. (*Denároctonus ponderosus* Hopk.) — Bull. New York, St. Coll. of Forestry., Vol. IV, Nr. 4, 1931 (77 S. und 10 Tafeln).

Blunck, H., Tausendfußfraß an Kartoffelknollen. — Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 1933.

Blunck, H., *Psylliodes affinis* Payk. an Tabak. — Anz. f. Schädlingsk. 1932.

Blunck, H., Eine Monographie über den Blattrandkäfer. — Nachrichtenbl. f. d. deutsch. Pflanzenschutzdienst 1931.

Blunck, H., Erdflöhe. — Flugblatt Nr. 121 (Nov. 1932) der Biol. R.-A.

Blunck, H., Starker Fraß der kleinen Lärchenblattwespe (*Lygaeonematus laricis* Htg.) an japanischer Lärche. — Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1933.

Blunck, H., Die Umstellung im Getreidebau und die Pflanzenkrankheiten. — Mitteil. d. D. L. G. 1933.

Blunck, H., *Bourletiella signata* Ågren als Gartenschädling. — Anz. f. Schädlingsk. 1933.

Blunck, H., Über Möglichkeiten zur Eindämmung der Kartoffelnematodenplage. — Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1933.

Blunck, H., und **Kaufmann, O.**, Die Rübenfliege und ihre Bekämpfung. — Flugbl. Nr. 117 (Juni 1931) der Biol. R.-A.

Boas, I. H., Wood borers in Australia. — Commonwealth of Austr. Trade Circ. Nr. 6. Melbourne 1931.

Boas, Fr., Pflanzenkrankheiten. — „Zeitwende" 1932.

Boas, Fr., Agrarprogramme und Pflanzenwelt. — Fränk. Zeitung, März 1933.

Bock, Fr., Arthropodenseiden in: „Rohstoffe des Tierreichs", 1932.

Bodenheimer, Fr., Observations on Citrus Insects and their Control in Many Parts of the World. — Hadar Vol. IV and V.

Bodenheimer, Fr., Studies on the Ecology of Palaestinean Coleoptera I., Coleoptera at light-traps. Bull., Soc. R. Ent., Egypte 1932.

Bodenheimer, Fr., Thesen für eine menschliche Bevölkerungslehre auf biologischer Grundlage. — Zeitschr. f. Geopolitik IX 1932.

Bodenheimer, Fr., Über die Ausrottung von *Opuntia* ssp. durch *Dactylopius* ssp. auf Grund eigener Beobachtungen auf Ceylon. — Zentralbl. Bakt., Parasitenkunde usw., II. Abt., 1932.

Bodenheimer, Fr., Über die Berechnung der Temperaturentwicklungshyperbel von *Sympherobius amicus* Nav. — Anz. f. Schädlingsk. VIII, 1932.

Bodenheimer, Fr., Über Regelmäßigkeiten im Wachstum der Insekten. II. Das Gewichtswachstum. — Arch. f. Entwicklungsmech. 126. Bd., 3. Heft, 1932.

Bodenheimer, Fr., Ökologische Beobachtungen an *Cimbex quadrimaculata* (Hym. Tenth.) in Palästina. — Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1932.

Bodenheimer, Fr., Überblick über die Gesamtökologie der afrikanischen Wanderheuschrecke *Schistocerca gregaria* Forsk. — Biol. Zentralbl. 1932.

Bodenheimer, Fr., Über Luftfeuchtigkeit der Umgebung, Gewichtsverlust und Lebensdauer. — Zool. Anz. Bd. 98, 1932.

Bodenheimer, Fr., Der Massenwechsel in der Tierwelt. Grundriß einer allgemeinen Bevölkerungslehre. — Arch. Zool. ital. 1930.

Bodenheimer, Fr., Beitrag zur Kenntnis der Lepidopterenfauna Palästinas. — Deutsche Ent. Zeitschr. Teis 1932.

Boidsumi Kiyoaki, Experimental Studies on the influence of low temperatures upon the development of fruit flies. First Report: on the fatal action of low temperatures upon the pupae and larvae of Melon-Fly (*Chaetodacus cucurbitae* Coq.). — Bull. Dep. Agr. Govern. Res. Inst. Taihoku, Japan, Nr. 85, 1931.

Botjes, Oortwijn, Die Atemregulierung bei *Corixa geaffroyi* Leach. — Zeitschr. vgl. Phys. 17. Bd., 1932.

Bovey, P., L'antonome du fraisier et du framboisier (*Antonomus rubi* Hbst.). — Rev. Hortic. Suisse., 1932.

Bovey, P., Le phytopte du poirier. — Ebenda.

Bovien, Prosper, Om Aeblemarvmøllet (*Blastodacna putripennella* Zell) ogen ny Beskadigelse, foraarsaget af dette Skadedyr. — Tidsskr. f. Planteavl. 37. Bd., 1931.

Bovien, Prosper, Om Porremollet (*Acrolepra assectella* Zell.) og dets Biologi. — Tidsskr. Planteavl. 1932.

Bovien, Prosper, On a new nematode, *Scatonema wülkeri* gen. et sp. n. parasitic in the body-cavity of *Scatopse fuscipes* Meig. (Dipt. nematoc.). — Vidensk. Medd. fra Dansk. naturh. Foren. Bd. 94, 1932.

Brandrup, G., Die Maikäferbekämpfung des Jahres 1932 im Nußwinkel (Westhavelland). — Arb. Landw.-Kammer für die Provinz Brandenburg und für Berlin Heft 24, Berlin 1932 (32 Seiten).

Braßler, K., Bestehen Beziehungen zwischen der Unkrautbekämpfung mit „Raphanit" und dem Sterben von Bienenvölkern? — Arch. f. Bienenkunde 1932.

Braßler, K., Eine neue Methode zum quantitativen Studium der Aufnahme von Flüssigkeiten und Honig bei der Honigbiene. — Arch. f. Bienenkunde 1932. Heft 4.

Bredemann, G., Institut für angewandte Botanik Hamburg, Jahresbericht für 1931. Hamburg 1932.

Bremer, H., Lebensweise und Bekämpfung der Kohlerdflöhe. — Mitt. d. D. L. G. 1932.

Bremer, H., Lebensweise und Bekämpfung der Kohlfliege. — Ebenda.

Bremer, H., Pflanzenschutzfragen im Gemüsebau. — Ebenda 1931.

Bryssowa, G., und **Puschkina, Z.**, Die Larven von *Hypoderma bovis* in der Sowiet-Wirtschaft Jugokamsk (Kreis Perm). — Bull. Inst. rech. biol. de Perm, T. VIII, 1932 (russisch mit deutschem Resumé).

Buchmann, W., Chironomidenschäden bei dem Belebt-Schlamm-Verfahren und ihre Verhütung und Behebung mit chemischen Mitteln. — Zeitschr. f. Gesundheitstechnik 1932.

Buchner, Paul, Studien an intrazellularen Symbionten. VII. Die symbiontischen Einrichtungen der Rüsselkäfer. — Zeitschr. f. Morph. und Ökol. 26. Bd., 1933.

Bulgarien. — Mitteilungen der Bulgarischen entomologischen Gesellschaft in Sofia Bd. VI, 1933

Bulgarien. — Mitteilungen aus den Königl. Naturw. Instituten in Sofia Bd. IV (herausgegeben von Dr. Buresch), 1931.

Buresch, Iw., siehe Bulgarien.

Caradja, Arist., Dritter Beitrag zur Kleinfalterfauna Chinas nebst kurzer Zusammenfassung der bisherigen biogeographischen Ergebnisse. — Ac. Roum. Bull. Sect. Sc. XV, 1932.

Caradja, Arist., Über einige umstrittene Biogeographische Fragen. Ein Schlußwort zum „Dritten Beitrag zur Kleinfalterfauna Chinas". — Ebenda.

Caradja, Arist., Dritter Beitrag zur Kenntnis der Pyraliden von Kwanhsien und Mokanshan (China). — Bull. Sect. Sc. Acad. Roumaine. Bukarest 1931.

Caradja, Arist, Beiträge zur Lepidopterenfauna Großrumäniens für das Jahr 1931. — Ebenda 1932.

Collins, C. W., and **Schaffner, I. V.**, An air-pressure extension brush for applying creosote to gipsy moth egg clusters. — U. S. Dep. Agr. Circ. Nr. 204, 1931.

Cummius, J. E., The Preservative Treatment of Fence Posts. — Commonwealth of Austr. Pamphlet Nr. 24. Melbourne 1932.

Davis, J. J., Entomologists and Entomology in Indiana. — Proc. Ind. Ac. Sci. 1931.

Davis, J. J., Fighting insects in the vegetable Garden. — Purdue Univ. Dep. Agr. Extension. Bull. Nr. 186 (1932).

Davis, J. J., Insectioides and their Uses. — Bull. Purdue Univ. Vol. XXXII, Nr. 7, 1932.

Dänemark, Plantesygdomme i Danmark 1931. Oversigt samlet ved Statens Plantepatologiske Forsøg. — Tidsskr. for Planteavl 38. Bd., 1932.

Dänemark, Afprøvning af midler til bekaempelse af skadedyr. Ved P. Bovien og C. Stapel. — Tidsskr. Planteavl 39. Bd., 1933.

Decker, G., The Biology of the Stalk Borer. *(Papaipema nebris* Gm.). — Agr. Exp. St. Iowa. Res. Bull. Nr. 143, 1931.

Demoll, R., Der Wandel der biologischen Anschauungen in den letzten Jahren. — München 1932.

Dingler, M., Brutpflege bei Insekten. — Der Naturforscher 9. Jahrg., Nr. 8 (1932).

Dingler, M., Das Stridulationsorgan von *Crioceris*. — Biol. Centralbl. 52. Bd., 1932.

Dingler, M., Chemische Bekämpfung der Spargelfliege. — Anz. f. Schädlingsk. IX., Heft 1, 1933.

Drosihn, J., Über Art und Rassenunterschiede der männlichen Kopulationsapparate von Pieriden (Lep.). — Entom. Rundschau 50. Jahrg., 1933 (135 S., 20 Tafeln).

Dyer, R. E., Badger, L. F., and **Rumreich, A.**, Rocky Mountain spotted fever (Eastern Type). — Publ. Health Rep. Vol. 46, 1931.

Ebner, R., Hymenopteren aus Palästina und Syrien. — Sitzber. Akad. Wiss. Wien 1930.

Ebner, R., Wissenschaftliche Ergebnisse der usw. usw. Expedition nach dem Anglo-Ägypt. Sudan 1914. — *Coleoptera* C. Denkschr. Akad. Wissensch. Wien, Bd. 101 (1927).

Eckstein, K., Zweiter Bericht über das Auftreten forstschädlicher Tiere in den Provinzen Brandenburg, Preußen und Sachsen, sowie Anhalt, Braunschweig und Mecklenburg (von 1. Januar bis 31. Dezember 1931).

Eidmann, H., Die Koloniegründung von *Lasius flavus* F. nebst weiteren Untersuchungen über die Koloniegründung der Ameisen. — Biol. Zentralbl. 51. Bd., 1931.

Eidmann, H., Beitrag zur Kenntnis der Biologie, insbesondere der Blattschneideameise *Atta sexdens* L. Nach Beobachtungen von M. Jacoby. — Zeitschr. Morph. Ökol. 25. Bd., 1932.

Eidmann, H., Die Forstentomologie in Kanada, ihre Organisation und Probleme. — Forstw. Centralbl. 1932.

Eidmann, H., Die Flugzeugbestäubung der Forstschädlinge und ihre Organisation im Lichte neuzeitlicher Erfahrungen und Forschung. — Zeitschr. f. Forst.- u. Jagdw. 1933.

Eidmann, H., Der Einfluß alternierender Temperaturen auf die Eiraupe der Forleule (*Panolis flammea* Schiff.) nebst Bemerkungen über die epidermiologische Bedeutung dieses Stadiums. — Forstw. Centralbl. 1933.

Eidmann, H., Zur Kenntnis der Ameisenfauna von Südlabrador. — Zool. Anz. Bd. 101, 1933, Heft 7/8.

Enslin, E., Die Bewohner der Brombeerstengel. — Entom. Jahrb. 1933.

Estland. — The Agricultural Experiment Stations of Tartu University, Estonia. Tartu 1928.

Essig, E. O., A genus and species of the family *Aphididae* new to North America. — Univ. Calif. Publ. in Entom. Vol. 6, Nr. 1, 1932.

Faes, H., et **Bovey, P.**, Sur une invasion, dans certains maisons de canton de Vand, de la chenille de *Paidia murina* Hb. — Act. Soc. Helv. Sc. Nat. La Chaux-de-Fonds 1931

Faes, H., **Staehlin, M.**, et **Bovey, P.**, La Lutte contre les parasites de la vigne, champignons et insectes, en 1930 et 1931. — An. agric. Suisse 1932.

Faes, H., et **Bovey, P.**, Le Doryphore du Colorado et la defense de nos cultures de pommes de terre. — An. Agr. Suisse 1932.

Fahringer, J., Über einige Südamerikanische Braconidengattungen. — Wien. ent. Zeit. 1930.

Fahringer, J., Beiträge zur Kenntnis der Braconiden-Fauna Chinas. Ent. Titskr. 1929.

Fahringer, J., Entomologische Ergebnisse der Schwed. Kamtschatka-Expedition 1920—1922. *Braconidae* Kirby. — Ark. Zool. Bd. 21, 1929.

Fahringer, J., Zehn indoaustralische Novitäten aus der Gattung *Campyloneurus* Szépi. (Fam. Braconidae). — Fol. Zool. et Hydrobiolog. Riga 1931.

Falkenhan, H. H., Biologische Beobachtungen an *Sminthurides aquaticus* (Collembola). — Zeitschr. f. wiss. Zool. 141. Bd., 1932.

Faure, J. C., The Phases of Locusts in South Africa. — Bull. Ent. Res. XXIII, 1932, (112 S., mit 24 Tafeln, zum Teil kol. und 1 Karte).

Feuerborn, H. J., Die Psychodide *Maruina indica* sp. n. und ihre Beziehung zu den Blepharoceriden. — Arch. f. Hydrobiol. 1932. Suppl. Bd. XI, „Trop. Binnengewässer" Bd. III.

Finkenbrink, W., Experimentelle Untersuchungen zur Dewitzschen Hypothese des Apterismus bei Insekten. Zeitschr. f. Morph. und Ökol. 1933.

Fischer, R. C., **Cann, F. R.** and **Parkin, E. A.**, A survey of the damage caused by insects to hardwood timbers in Great Britain. — Depart. Scient. and Industr. Res. Forest Products Res. Bull. Nr. 16. London 1932.

Fischer, W., Pflanzenschutzdienst in Hannover 1932. Hannover 1922.

Fluiter, H. J. de, Bijdrage tot de Kennis der Biologie en Epidemiologie van de gewone Dennenbladwesp, *Pteronus (Lophyrus) pini* L., in Nederland. — Wageningen 1932.

Fluiter, H. J. de, Bijdrage tot de Kennis der Oecologie en Morphologie von *Eriosoma lanuginosum* (Hartig), de „Bloedluis" onzer Pereboomen. — Tijdschr. Plantenziekt 1933.

Fluiter, H. J. de, Mededeelingen betr. her optreden van der Dennenbladwesp (*Pteronus pini* L.) in Nederland, en zijne parasiten. — Versl. 65. Wintervergadering Ned. Ent Vereenig.

Fraenkel, G., Beiträge zur Physiologie der Atmung der Insekten. — Ach. Zool. Ital. Vol. XVI, 1931.

Fraenkel, G., Die Wanderungen der Insekten. — Ergeb. der Biologie IX. Bd., 1932 (238 S.).

Fraenkel, G., Untersuchungen über die Koordination von Reflexen und automatisch-nervösen Rhythmen bei Insekten. I. Die Flugreflexe; II. Die nervöse Regulierung der Atmung während des Fluges; III. Das Problem des gerichteten Atemstromes in den Tracheen, und IV. Über die nervösen Zentren der Atmung und die Koordination ihrer Tätigkeit. — Zeit. vergl. Phys. 1932.

Fransen, J. J., De kleine Iepensplintkever *Scolytus (Eccoptogaster) multistriatus* Mrsh. als Verbreider der Iepenziekte. — Med. Labor. Ent. Landbouwhoogsch. Wageningen 1932.

Frickhinger, H. W., Einige weniger bekannte Grünlandschädlinge. — Prakt. Bl. f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz 1932.

Friederichs, R., Was wissen wir über die Entstehung von Insektenplagen? Verein Meckl. Forstwirte. — August 1932.

Friederichs, R., Licht und Insektenentwicklung. — Sitzber. u. Abh. der Naturf. Ges. in Rostock 3. Folge, Bd. 4, 1933.

Friederichs, R., Witterung und Insekten in der Gegend von Rostock 1932. — Anz. f. Schädlk. IX, 1933.

Friederichs, R., Ungeziefer in Hühnerställen. — Land u. Frau (21. Januar 1933).

Friend, R. B., The european Pine Shoot Moth in Red Pin Plantagions. — Journ. of Forestry XXIX, 1929.

Friend, R. B., The Birch Leaf-Mining Sawfly *Fenusa pumila* Kl. — Connect. Agr. Exp. St. Bull. 348, 1933.

Frisch, K. v., Über den Gehörsinn der Tiere. — Natur und Museum 1931.

Fuchs, Die Bekämpfung der Insektenschäden in den nordbayerischen Waldgegenden. — Mitteil. Bayer. Waldbesitzerverbandes 1932 (Nr. 4).

Fulmek, L., Die Runkelfliege im Tullnerfelde. — Wien. Landw. Zeitg. 1931.

Fulmek, L., Die San-José-Schildlaus (*Aspidiotus perniciosus* Comst.) in Mitteleuropa. — Neuheiten auf d. Geb. des Pflanzenschutzes 1932.

Fyg, W., Beobachtungen über die Amoeben-Infektion („Cystenkrankheit") der Malpighischen Gefäße. — Schweiz. Bienenzeitung 1932.

Gahan, Ch. J., and **Laing**, Fr., Furniture Beetles. — Brit. Mus. (Nat. Hist.) Econ. Ser. Nr. 11. London 1932.

Gasow, H., Das neue Modell des westfälischen Starkastens. — Ornith. Monatsschr. 1932.

Gasow, H., Lebensweise und Bekämpfung der Wiesenschnaken. — Biol. R. A. Flugblatt Nr. 75, 1932.

Gasow, H., Zur Kohlfliegenbekämpfung durch Begießungsverfahren. — Landw. Zeitg. für Westfalen u. Lippe 1933, Heft 2.

Gasow, H., Zur Bekämpfung der Schnakenlarven (*Tipula paludosa* Mgn. u. *oleracea* L.) mit chemischen Mitteln. — Landw. Jahrbücher 1933.

Gaßner, L., Theoretisches für die Ausbildung der Desinfektoren im T-Gas-Verfahren. — Der staatl. gepr. Desinfektor 1932.

Geinitz, B., Die Entstehung des Tannenhonigs — Festschrift Zander 1933.

Gersdorff, W. A., Bibliography of Ethylene Dichloride. — N. S. Dep. Agr. Misc. Publ. Nr. 117. Washington 1932.

Geßner, A., Krankheiten und Schädlinge an Reben in Deutschland im Jahr 1931. — Weinbau und Kellerwirtschaft 1931.

Geßner, A., Auftreten von Rebkrankheiten in Baden und Prüfung von Rebschädlingsbekämpfungsmitteln im Jahr 1931. — Ebenda 1931.

Geßner, A., Auftreten von Rebkrankheiten in Baden und Prüfung von Rebschädlingsbekämpfungsmitteln. — Weinbau u. Kellerwirtschaft XI, 1932.

Geßner, A., Krankheiten und Schädlinge an Reben in Deutschland im Jahr 1931. — Weinbau u. Kellerwirtschaft IX, 1932.

Geßner, A., Krankheiten und Schädlinge an Reben in Deutschland im Jahre 1932. — „Weinbau u. Kellerwirtschaft" XII, 1933.

Görnitz, K., Methoden zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln. IV. Neue Apparate und Methoden. — Mitt. Biol. Reichsanst. Nr. 46, 1933.

Görnitz, K., Pathologische Veränderungen bei *Vanessa io* nach Aufnahme von Arsenverbindungen. — Anz. f. Schädlk. IX, 1933.

Gößwald, H., Ökologische Studien über die Ameisenfauna des mittleren Maingebietes. — Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 142, 1932 (152 S.).

Goetsch, W., Beiträge zur Biologie körnersammelnder Ameisen. II. Teil, (80 S., 21 Abb.). — Zeitschr. Morph. u. Ökol. 16. Bd., 1930.

Goetsch, W., Beiträge zur Biologie südamerikanischer Ameisen. I. Teil, Wüstenameisen. — Ebenda 25. Bd., 1932.

Goetsch, W., Fauna Chilensis II. Darin: „Untersuchungen zur Kenntnis der Zoologie und Biographie Chiles", und „die chilenischen Termiten" usw. — Zool. Jahrb. 64. Bd., 1933.

Goffart, H., Versuche zur Bekämpfung der Kohlfliege *(Phorbia brassicae* Bché.). — Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1933.

Graser, H., Zur Beurteilung und Abwehr des Tannensterbens. — Die kranke Pflanze 1933, Heft 1—3.

Grimaldi, A., Un nuovo aficida. — Italia vinicola ed agraria 1932 (Nr. 42).

Gussev, V., Etude sur la biologie de deux espèces Microlepidoptera *Evetria tessulatana* Stgs. et *Laspeyresia mariana* Zerny nouvelles pour la faune de l'U. R. S. S. — Cpts. rend. Acad. Sc. de l'U. R. S. S. 1931.

Hamburg, siehe Bredemann.

Handschin, E., A preliminary Report on Investigations on the Buffalo Fly *(Lyperosia exigua* de Meij.) and its Parasites in Java and North. Australia. — Commonwealth of Australia. Pamphlet Nr. 31, 1932.

Handschin, E., Hygrophile Collembolen aus Niederländisch-Indien. — Arch. f. Hydrobiologie. Suppl. Bd. IX, 1932.

Hare, L., Polymorphism among the subgenera of *Nasutitermes*. — Journ. Morph. and Phys. Vol. 52, 1931.

Hart, P. C., De Topboorderaantasting der rijpheidsmonsterstokken in oogstjaar 1931. — Arch. voor de Suikerindustrie in Ned.-Ind. 1932.

Hart, P. C., Proeven omtrent topboorder-bestrijding in aanplant 1930—31. — Med. Proefstat. Java-Suikerindustrie 1932.

Hart, P. C., Entomologisch Onderzoek. — Jaarversl. Proefst. Java-Suikerindustrie over 1931. Soerabaia 1932.

Hart, P. C., Topboorderaantasting en poepoesthardhed. — Korte Meded. Proefst. Java-Suikerindustrie 1932.

Hart, P. C., Proeven omtrent topbsorderbestrijding in aanplant 1931—32. — Meded. Proestat. Java-Suikerind. Nr. 8, 1933.

Hart, P. C., De Topboorderschade in het Suikerriet. — Arch. Suikerind. in Nederl.-Indie. 1933.

Hartzell, A., and **Wilcoxon**, F., Some Factors affecting the Efficiency of Contact Insecticides. II. Chemical and Toxicological Studies of Pyrethrum. — Contr. Boyce Thompson-Inst. 1932 (Vol. 4).

Hase, **Albrecht**, Beobachtungen an venezolanischen *Triatoma*-Arten, sowie zur allgemeinen Kenntnis der Familie der Triatomidae. (Hem.-Heteropt.). — Zeitschr. f. Parasitenkunde 4. Bd., 1932 (68 S., 26 Abb.).

Hase, **Albrecht**, Über die unterschiedliche Widerstandsfähigkeit der parasitären Hauswanzen *Cimex lectularius* und *Cimex rotundatus* gegenüber der Einwirkung von Äthylenoxyd auf Meerschweinchen. — Ebenda Bd. 4, 1932.

Hase, Albrecht, Über das Aussterben von Tierarten, insbesondere über das angebliche Aussterben der Flöhe. — „Naturw. Monatshefte" 1932.

Hase, Albrecht, Beobachtungen an *Cochlidion*-Raupen sowie über ihre Schneckenähnlichkeit (Konvergenz). — Jenaische Zeitschr. f. Naturw. 67. Bd., 1932.

Headlee, Th. J., siehe New Jersey.

Hecht, O., Bemerkungen zur Arbeit von H. G. Bode: „Zur Kenntnis atypischer Mückenstichreaktionen (Culicosa bullosa)". — Derm. Wochenschr. Bd. 96, 1933.

Hecht, O., Hautreaktionen auf die Stiche blutsaugender Insekten und Milben als allergische Erscheinungen. — Zentralbl. f. Haut- u. Geschlechtskrankh. Bd. 44, 1933.

Hecht, O., Experimentelle Beiträge zur Biologie der Stechmücken IV. — Arch. f. Schiffs- u. Tropenhyg. 1933.

Hecht, O., Über die Verwendung immunbiologischer Begriffe in der Phytopathologie. Biol. Zentralbl. 1931.

Heerdt, W., Die biologische Feldstation in Slough des Imperial College of Science and Technology, London. — Anz. f. Schädlingsk. IX, 1933.

Heikertinger, Fr., Wie beschafft sich der Spezialist die nötige Literatur? — Koleopt. Rundschau 1932.

Heikertinger, Fr., Die Coccinelliden, ihr „Ekelblut", ihre Warntracht und ihre Feinde. — Biol. Zentralbl. 1932.

Henze, Nonnenbekämpfung II und III. — Forstl. Wochenschrift „Silva" 1931 und 1932.

Herfs, A., Dermestiden als Schädlinge an Wolltextilien. — Melliand Textilberichte 1932 (Nr. 5, 6 und 7).

Herfs, A., Über den Teppichkäfer und seine Bekämpfung. — Nachr. über Schädlingsbekämpfung 1932, Nr. 4.

Hermes, G., Studien über Konstanz histologischer Elemente IV. (140 S., 52 Abb.). — Zeitschr. f. wiss. Zool. 141. Bd., Heft 4, 1932.

Himmer, A., Über den Einfluß von Rauchgasen auf die Bienen. — Festschrift Zander 1933.

Himmer, A., Enoch Zander — 60 Jahre. — Ebenda.

Himmer, A., Die Nestwärme bei *Bombus agrorum* F. — Biol. Zentralbl. 1933.

Himmer, A., Bienenzucht und Schädlingsbekämpfung. — Bayerische Biene 54. Jahrg., 1932.

Himmer, A., Die Temperaturverhältnisse bei den sozialen Hymenopteren. — Biol. Rev. Vol. VII, 1932.

Holdaway, F. G., and **Smith, H. F.**, A relation between size of host puparia and sex ratio of *Alysia manducator* Pz. — The Austr. Journ. of Exper. Biol. and Medic. Sc. Vol. X, 1932.

Hori, Matsuji, Studies on the Clover Leaf-Beetle, *Luperodes praeustus* Motsch. in Southern Saghalien. — Rep. Sagh. Centr. Exp. St. 1. Ser., Nr. 2, 1932 (102 S., 4 Tafeln).

Hottes, Frederick C., and **Frison, Th. H.**, The Plant Lice., or *Aphidiidae* of Illinois. — Dep. Registr. and Educ. Divis of the Nat. Hist. Survey. Vol. XIX. Urbana, Illinois 1931.

Howard, L. O., Biographical Memoir of Stephan Alfred Forbes 1844—1930. — Nat. Acad. Sc. Washington 1932.

Hukkinen, Yrjö, Notizen über unsere Schädlinge und Nützlinge. 4. Die Thysanopterenlarven als Beute der Grabwespe *Spilomena troglodites* v. d. Lind. — Notulae Entom. XII, 1932.

Hukkinen, Yrjö, Vom Gebiete der Thysanopterologie. 1. Der Stand unserer Kenntnisse von den Thysanopteren Europas. Notulae Ent. XI, 1931.

Illinois, Classified list of publications available for exchance and distribution (including the publications of the State entom. Office and the State Labor. of Nat. Hist.). — Compiled by Oesterling. Urbana, Illinois 1929.

Insecta Matsumurana, Edited by Prof. S. Matsumura. — Vol. VI, Nr. 3, Februar 1932.

Jagodzinska, Z., Die Ameisen in der Umgebung von Grodno. — Trav. Soc. Sc. et Lett. de Wilno. Tome VII, 23, 1932. (Polnisch mit deutscher Zusammenfassung.)

Jancke, O., Ein neues Ködermittel zur Bekämpfung von Kirschblütenmotte und Kirschfliege. — Nachr. D. Pflanzenschutzdienst 1931, Nr. 12.

Jancke, O., Mitteilungen über Anopluren. — Zeitschr. f. Parasitenk. 1932 (4. Bd.).

Jancke, O., Die Kirschblütenmotte *(Argyresthia pruniella* L.) und ihr Parasit *(Ageniaspis atricollis* Dalm.). — Die Gartenbauwissenschaft 6. Bd., 1932.

Jancke, O., Mitteilungen über Anopluren. IV—IX. — Zeitschr. f. Parasidenk. 4. Bd., 1932.

Janisch, E., Die Bedeutung der Luftfeuchtigkeit für das Wachstum von Organismen. — Die Naturwissenschaften 1932.

Janisch, E., Untersuchungen über die Ökologie und Epidemiologie der Nonne I. Die Abhängigkeit der Entwicklungsdauer von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. — Arb. Biol. Reichsanst. XX, 1933.

Janisch, E., und **Maercks, H.**, Über die Berechnung der Kettenlinie als Ausdruck für Temperaturabhängigkeit von Lebenserscheinungen. — Ebenda.

Janisch, E., und **Abdel Aziz Ali Elsayed Ghabn**, Über den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklung junger Seidenraupen. — Ebenda.

Janisch, E., und **Maercks, H.**, Licht und Insektenentwicklung. — Z. f. Morph. u. Ökol. 1933 (Bd. 26).

Japan, Science Reports of the Tokyo Bunrika Daigaku. — Sect. B, Vol. 1, Nr. 1—10. Tokyo 1932.

Japan, The Bulletin of Sericulture and Silk-Industry Vol. V, Nr. 2, November 1932.

Jensen, Ad. S., Studier over *Incurvaria woerneriella* Zell. (Lepid., Incurver.). — Kgl. Danske Videnskabern. Selskab. Biol. Medd. X, 5. Kopenhagen 1932 (49 S., 32 Fig.).

Jezhikoff, J., Individuelle Variabilität und Dimorphismus bei sozialen Insekten. — Moskau 1932.

Jonescu, M. A., La Chaetotaxie du genre *Acerentomon* Silv. — Notat. Biologicae Vol. 1, Nr. 1 (Bukarest).

Jonescu, M. A., Contributiuni la Studiul faunei frunzarului (patura de frunze moarte) de Fag. (Beiträge zur Kenntnis der Fauna der Buchenstreu von Sinai und Valea Prahovei. Statistische, ökologische und systematische Untersuchungen). — Bukarest 1932. (100 S., 17 Abb. und 7 graph. Tafeln.)

Karpinski, J. J., Bostriches de la Forêt de Bialowisza au point de vue de la typologie des peuplements. — Inst. Réch. Forêts d'Etat à Varsovie. Trav. et Compt. rend. Ser. A, Nr. 1. Warschau 1933. Poln. mit franz. Res. (68 S., 18 Tafeln und 8 Tab.).

Kaufmann, O., Die voraussichtliche Verbreitung und Schadwirkung der Rübenfliege *(Pegomyia hyoscyami* Pz.) im Frühjahr 1932 in Deutschland. — Die deutsche Zuckerindustrie 1932.

Kaufmann, O., Einige Bemerkungen über den Einfluß von Temperaturschwankungen auf die Entwicklungsdauer und Streuung bei Insekten und seine graphische Darstellung durch Kettenlinie und Hyperbel. — Zeitschr. f. Morph. u. Ökol. 25. Bd., 1932.

Kaufmann, O., Der glanzstreifige Schildkäfer (*Cassida nobilis* L.) nebst einigen Bemerkungen über den nebligen Schildkäfer (*C. nebulosa* L.). — Arb. Biol. R.-A. XX, Heft 7, 1933.

Kawada, Akira, Notes on the homology of some parts of the leg in the Lepidopt. Pupae. — Journ. Imp. Agr. Sta. Japan. 1932.

Kaysing, Maikäferbekämpfung. Als Nachtrag zur Schrift „Der harmlose Maikäfer". — Schönberg (Mecklenburg) 1932. Preis RM 0,60.

Kemper, H., Beiträge zur Biologie der Bettwanze (*Cimex lectularius* L.). III. Über den Mechanismus des Stech-Saugaktes. IV. Über das Zerreißen des Darmtraktus und die Mortalität unter ungünstigen Lebensbedingungen. — III. in: Zeitschr. f. Morph. u. Ökol. der Tiere Bd. 24 (1932); IV. in: Zeitschr. f. Parasidenk. Bd. 5, Heft 1 (1932).

Kennel, J. v., und **Eggers, Fr.,** Die abdominalen Tympanalorgane der Lepidopteren. — Zool. Jahrb. 57. Bd., 1933 (104 S., 18 Abb. u. 6 Doppeltafeln).

Kerschner, Th., Matthias Rupertsberger †. — Linz 1932.

Kinoshita, Sh., and **Kawada, Ak.,** A revision of Rice Borers (Chilo) and their distribution. — Journ. Imp. Agr. Exp. Sta. Japan 1932.

Kirschner, R., Beiträge zur Biologie von *Phorodon humuli* Schrk. nebst Bemerkungen und Versuchen über das Entstehen von geflügelten Aphiden. — Biol. Zentralbl. 1932.

Kirschner, R., Beiträge zur Kenntnis der Beziehungen zwischen Hopfenkrankheiten und Meteorologie.

Kirchner, R., Die Blattrollkrankheit des Hopfens. — Biol. Gener. V, 1929.

Kirchner, R., Beiträge zur Bekämpfung von *Ephestia elutella* Hb. — Mitt. Ges. Vorratsschutz 7.

Knoche, E., Klima und Nonne. I. Die Entwicklung des Embryo. — Arb. Biol. R.-A. XX, Heft 2, 1932.

Koch, A., Über das Verhalten symbiontenfreier *Sitodrepa*-Larven. — Biol. Zentralbl. 1933.

Kojantchikov, I., Sketches on the heart activity of insects. — Bull. Leningrad Institute for Controlling Farm and Forest Pests 1932.

Kojantchikov, I., A contribution to biology and morphology of *Erythroneura parvula* Boh. *(Typhlocybinae, Jassidae)* injurious to vine-stock in Azerbeidzhan. — Ebenda 1931.

Kojantchikov, I., Interrelations between the thanatosis and the central nervous functions in *Lochmaea capreae* L. — Bull. Plant Protect. Vol. III, Nr. 1.

Komárek, J., Mnišková Kalamita v Létech 1917—1927. (Die Nonnenkatastrophe in den Jahren 1917—1927). — Prag 1931, (256 S., 13 Taf. u. 4 Karten).

Königsberger, V. J., en **Hart, P. C.,** Proeven the onderzoek van de periodiciteit in het optreden van den witten Topboorder. — Arch Suikerind. Ned.-Ind. 1932.

Kontkanin, P., Zur Biologie von *Acanthoc. acdilis.* — Ann. Soc. Zool.-botan. Fennicae Vanamo Teil, 8, Nr. 6, 1929.

Kontkanin, P., On the larval digestive tract of *Acanthoc. acdilis* L. — Ebenda Teil 12, Nr. 4, 1932.

Krembs, Wirtschaftlicher Vogelschutz auf dem Bauernhof. — Flugbl. 1931.

Kseneman, M., Collemboles dans les environs des étangs de Lednice. (Tschech. mit franz. Resumé.) — Travaux scient. Stat. biol. Hautes écoles tchèques de Brono 1932.

Künkele, Naturschutz durch Arsenik. — Blätter f. Naturschutz und Naturpflege 1932, Heft 1.

Kuijper, J., Jochems S. C. J. u. a., Akar toeba *(Derris elliptica),* het bestrijdingsmiddel van de Tabakslius *(Myzus persicae)* in Deli. — Med. Deli Proefstations 2. Ser., No LVIII (1932). Mit engl. Resumé.

Kutter, H., Eine neue Ameise der Schweiz. — Ebenda 1925.

Kutter, H., Mit Bananen eingeschleppte Ameisen. — Ebenda 1931.

Kutter, H., Verzeichnis der entomologischen Arbeiten von Prof. Dr. August Forel. — Ebenda 1931.

Kutter, H., *Forelophilus,* eine neue Ameisengattung. — Ebenda 1931.

Kutter. H., u. Winterhalter, W., Untersuchungen über die Erbsenschädlinge im st. gallischen Rheintale während der Jahre 1931 u. 32. — Landw. Jahrb. d. Schweiz 1933.

Lanfer, K. F., Die Lärchenknospengallmücke *Dasyneura laricis* F. Lw. — Mitt. Dendrol. Ges. Nr. 45, 1933.

Lange, H. H., Die Phagocytose bei Chironomiden. — Zeitschr. f. Zellforschung 16. Bd. 1932.

Langenbuch, Tierische Schädlinge an Hülsenfrüchtlern. — Flugbl. Nr. 57, der Biol. R.-A., (4. Aufl.), 1932.

Laske, C., Was lehrt das diesjährige Auftreten von Krankheiten und Schädlingen an den Kulturgewächsen in Niederschlesien. — Zeitschr. d. Landwirtschaftskammer Niederschlesien 34. Jahrgang 1931.

Laske, C., Wirtschaftlich wichtige Krankheiten und Schädlinge des Schlesischen Zuckerrübenbaues. — Landw. Verein Breslau.

Laske, C., Der Arbeitsgang einer planmäßigen Schädlingsbekämpfung im Obstbau. — Zeitschr. Landwirtschaftskammer Niederschlesien 1930.

Laske, C., Kurzgefaßter Bericht über die Tätigkeit der Hauptstelle für Pflanzenschutz zu Breslau im Jahr 1931.

Leach, J. G., Blackleg Disease of Potatoes in Minnesota. — Univ. of Minnesota Agr. Exp. Etat. Tech. Bull. 76, 1931.

Lederer, G., Einführung in die Schädlingskunde. — 472 S. mit 33 Taf. u. 200 Abb. Guben 1928—1932, Preis brosch. RM 10.

Lettland, — Acta instituti defensionis plantarum latviensis I. u. II. Redactori: M. Eglits u. E. Ozols. Riga 1920 u. 32 (lettisch).

Lettland, — Latorian plant protection Institution. — Historical Report 1913—1931. Riga 1931.

Liese, J., u. **Butovitsch**, B., Das Ulmensterben in den Auerevieren, seine Ursache und seine Bekämpfung. — Deutsche Forst-Zeitung 1931.

Lossowska-Woydyllowa, M., Beitrag zur Kenntnis der Sinneskuppeln bei *Lymantria dispar* L. — Trav. Soc. Sc. et Lett. de Wilno Tome VII, 22, 1932. (Poln. mit deutsch. Zusammenfassung.)

Luers, H., Wechsellüftungssilo „Andelit". — Tageszeitung f. Brauerei Nr. 278, (26. Nov. 1932).

MacAloney, H. J., The White-Pine Weevil *(Pissodes strobi* Peck). — N. S. Dep. Agr. Circular Nr. 221. Washington D. C. 1932.

Mahdihassan, S., The Symbiote of *Lakshadia communis*. — Arch. f. Protistenkunde 78. Bd., Heft 3, 1932.

Mahdihassan, S., The third stage larva of the female Lac Insect (Hem. Cocc.). — Rev. espan. Entom. T. VIII, 1932.

Mahdihassan, S., Sex-ratio variability and the problems of reproduction among lac-insects. — Königl. Akad. Wetensch. Amsterdam. Proceedings Vol. XXXI, 1933.

Maidl, Fr., Die Lebensgewohnheiten und Instinkte der staatenbildenden Insekten. — Lieferung 1 u. 2 (Bogen 1—8). Wien (Fritz Wagner) 1933.

Malenotti, E., Grillotalpe morte e uccelli vivi. — Il Coltiv. e Giorn. Vinic. Ital. Nr. 6, 1932.

Malenotti, E., Esche e raccolta di midi contro le grillotalpe. — Giorn. Agric. comenica Nr. 4, 1932.

Malenotti, E., Note sulla *Aelia acuminata* L. — L' Italia Agric. 1931.

Malenotti, E., Lotta invernale contro le coccinigliе des pesco. — Ebenda.

Malenotti, E., La piralide e glisteli di mais. — Il Coltivatore Nr. 32, 1931.

Malenotti, E., Contro la „Cassida" della Barbatietola. — Giorn. Agric. Domenica 1932.

Malenotti, E., Sugli effetti differiti di alcuni insetticidi invernali. — Giorn. Agr. della Domenica 1932.

Malenotti, E., Sul fluorsilicato di bario come insetticida. — L'Italia Agricola 1932.

Malenotti, E., Una Varietà di melo resistente alla Tignola. — Acc. Agr. Sc. Lett. Verona 1933.

Malenotti, E., Un nuovo ed efficace mezzo di lotta contro le Tipule. — Il Colt. e Giorn. Vinicolo Ital. 1933.

Manninger, G. A. sen., und **Manninger**, G. A. jun., Das Leben der Getreidewanze (*Eurygaster*), die von ihr verursachten Schäden und Vorschläge zu ihrer Bekämpfung (Ungarisch mit deutscher Zusammenfassung.) — Mezögazdasági Kutatások-bol VI, 1933.

Marcus, B. A., Die Verwendung von Kontaktmitteln im Forstschutz. — Der Deutsche Forstwirt 1932 (Nr. 4).

Martini, E., Zur Metamorphose und Regeneration zellkonstanter Tiere. — Zool. Anzeiger Bd. 96, 1931.

Martini, E., Über einige südamerikanische Culiciden. — Rev. de Entomologia vol. 1, 1931.

Martini, E., Das Bestäubungs-, besonders Schweinfurtergrün-Verfahren in der Malariabekämpfung. — Zeitschr. f. Desinf. u. Gesundheitswesen 1931 (Heft 4).

Martini, E., Unsere Stechmücken als Beispiel für die Zoogeographie verbreitungstüchtiger Organismen. — Jen. Zeitschr. f. Nat. 67. Bd., 1932.

Martini, E., Epidemiologische Plauderei über Boden und Malaria. — Klin. Wochenschr. 1933.

Martini, E., Übersicht über die Bekämpfung gesundheitsschädlicher Insekten. — Med. Klinik 1932.

Martini, E., Stechmücken und Mikroklima. — Forschung u. Fortschr. 1932.

Martini, E., Zoonosen der Haut in wärmeren Ländern. — Handb. d. Haut- u. Geschechtskrankheiten XII. Bd., 1932.

Martini, E., Die Seuchen als biosoziologische Erscheinungen. — Der Biologe I, 10, 1932.

Martini, E., *Chagasia fajardoi* Lutz var. *stigmapteryx* n. var. (Dipt. Culic.). — Rev. de Entom. vol. 2, S. Paulo. Brasil 1932.

Martini, E., Parasitismus in der Zoologie. — Arch. Zool. Ital. XVI.

Martini, E., Fortschritte der Tropenmedizin. — Fortschr. d. Med. 50. Jahrg., Nr. 17, 1932.

Martini, E., Das nuevos mosquitos *Anopheles*, procedentes del Estado de Chiapas, Mexico. — Rev. Mex. Biol. XII, 1932.

Martini, E., The Hypopygia of certain *Anophelines*. — Proc. Ent. Soc. Wash. 1933.

Martini, E., **Mayer**, F. und **Weyer**, F., Die Durchwinterung unserer *Anopheles maculipennis*. — Rivista di Malarialogia XI, 1932.

Matsumura, S., Insecta Matsumurana Vol. VI, Nr. 4, Sapporo, Japan 1932.

Miestinger, K., Wichtige Schädlinge und Krankheiten der Rübe in Österreich. — Agrarverlag. Wien 1932.

Minkiewicz, R., Nids et proies des Sphégiens de Pologne (mit 6 Tafeln). — Bull. Ent. d. l. Pologne T. X., 1931.

Minkiewicz, R., L'interessant comportement des mâles de *Bembex*. — Ebenda.

Missicoli, A., **Hackett**, L. W., und **Martini**, E., Le razze di *Anopheles maculipennis* e la loro importanza nella distribuzione della malaria in alcune regioni d'Europa. — Riv. di Malariologia XII, 1933.

Molitor, **Arnulf**, Ein neues Ameisen-Beobachtungsnest. — Zool. Anz. Bd. 97, 1932.

Morgenthaler, O., Zum 100. Todestag des blinden Bienenforschers Francois Huber. — Schweiz. Bienenzeitung 1931.

Morgenthaler, O., Vom internationalen Kongreß für Bienenzucht in Paris, Juli 1932. — Ebenda 1932.

Morgenthaler, O., Bienenkrankheiten im Jahre 1931. — Ebenda.

Müller, K., XI. Jahresbericht des Badischen Weinbauinstitutes in Freiburg i. Br. für das Jahr 1931. — Freiburg 1932.

Müller, **Karl**, XII. Jahresbericht des Badischen Weinbauinstitutes in Freiburg i. Br. für das Jahr 1934. — Freiburg 1933.

Müller, **Reiner**, Die leichenverzehrenden Sarkophage bei Plinius. — Die Umschau Nr. 12, 1932.

Nägeli, W., *Periclista lineolata* Kl., eine Eichenblattwespe als Forstschädling. — Mitt. schweiz. Centralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen XVII. Bd. Zürich 1931.

Neuheiten auf dem Gebiet des Pflanzenschutzes 1933, 1—6. Herausgegeb. v. L Fulmeek. Wien 1933.

New Jersey. — Report of the Dep. of Entom. of the N. J. State Agr. Exp. Station New Brunswick N. J. For the year ending June 1930, 1931. By Thomas J. Headlee.

Nielsen, **Olaf**, Champignonkulturen. — Skadelyr. Gartner-Tid. 1932.

Ogijewicz, B., Beitrag zur Kenntnis der Coleopterenfauna (*Adephaga* u. *Palpicornia*) der Umgebung von Wilno u. Troki. — Trav. Soc. Sc. et Lett. de Wilno VII, 21, 1932. (Polnisch mit deutscher Zusammensetzung.)

Økland, Fr., Norske „halvinsekter" (*Protura*). — Norsk. Ent. Tidsskr. 1932.

Økland, Fr., Kvantitative nudersøkelser av den røde skogmaurs (*Formica*) ernaering. — Naturen 1932.

Oppi, E., Va bene il polisolfuro di calcio contro le cocciniglie del pesco? Il Coltivatore e Giorn. — Vinic. Ital. 1932, Nr. 43.

Orr, W. Leslie, Studies on Natural vs. Artificial Control of the Pine Tortoise Scale. — Univ. of Minnesota Agr. Exp. Stat. Tech. Bull. 79, 1931.

Pape, H., Krankheiten und Schädlinge der Begonien. — „Die Begonien."

Payne, Nellie M., Duration of the Pupal Stage of *Tenebrio molitor* L. at Constant and at Alternating Temperatures (Coleop: *Tenebrionidae*). — Entom. News 1932.

Payne, Nellie M., Food Requirements for the Pupations of Two Coleopterous Larvae, *Synchroa punctata* Newm. and *Dendroides canadensis* Lec. (*Melandryidae*, *Pyrochroidae*). — Ebenda 1931.

Pfeffer, Ant., Kůrovci ve Vysokých Tatrách (Les bostryches dans les forêts de la Haute Tatra). — Lesn. práce XI, 1932.

Pfeffer, A., Catologus Coleopterum Čechosloveniae, 2. *Ipidae*. — Prag 1982.

Philip, C. B., The *Tabanidae* (Horseflies) of Minnesota. — Univ. of Minnesota, Agr. Exp. St. Tech. Bull. 80, 1931.

Philip, C. B., Occurence of a Colony of the Tick Parasite *Hunterellus Hookeri* Howard in West Africa. — Publ. Health Rep. Vol. 46, Nr. 37, Washington 1932.

Phillips, E. F., Gibt es eine Beziehung zwischen den mineralischen Bestandteilen des Honigs und der Faulbrut? (Übersetzt von K. Brassler.) — Arch. f. Bienenkunde 1932.

Poloschenzew, P. A., Die wichtigsten unter den schädlichen Kieferninsekten und ihre forstwirtschaftliche Bedeutung im Forste von Busuluk. — Separ. 1931.

Popovicá, J., Leptir duvna (omorikov prelac). (Die Nonne, *Lymantria monacha*.) — Flugschrift. Sarajevu (Serajevo) 1931.

Püffer, J., On the micropterism bei *Operophtera brumata* L. — Trav. Soc. Sc. et Lett. de Wilno VII, 24, 1932. (Polnisch mit engl. Resumé.)

Pyenson, L., and **Sweetman, H. L.**, The effects of temperature and moisture on the eggs of *Epilachna corrupta* Muls. (*Coccinellidae* Col.). — Bull. Brookl. Entom. Soc. XXVI, Nr. 5, 1931.

Regan, W. S., Results of Insecticide Tests for the Control of Codling Moth and Observations on Codling Moth Activity in the Yakima Valley Washington. — Berkeley 1932.

Regnier, R., L'organisation moderne de la protection des végétaux d'après l'exemple de quelques grandes pays. — Ann. Epiphylies 1931 (135 Seiten).

Reichsgesundheitsamt. — Die Mückenplage und ihre Bekämpfung 4. Aufl., 1932.

Rietra, E., Lets over den bouw en de levenswijze van *Nemeritis canescens* (Grav.) als interne parasiet van de larve van *Ephestia Kuehniella* Zell. — Proefschrift (120 Seiten, 18 Abb.), 1932.

Rimsky-Korsakow, M., Methoden zur Untersuchung von Wasserhymenopteren. — Handbuch der biol. Arbeitsmethoden Abt. IX.

Roark, R. C., Review of U. S. Patents relating to Pest Control Vol. 5, Nr. 1—3. Washington 1932.

Roark, R. C., A Digest of Literature of Derris (Derguelia) Species used as Insecticides 1747—1931. — N. S. Dep. Agr. Miscell. Publ. Nr. 120. Washington 1932.

Ross, Hermann, Praktikum der Gallenkunde (Cecidologie). 312 S., 181 Abb. — Berlin, Julius Springer, 1932. Preis geb. RM 25,60.

Saalas, Unnio, Über die Verbreitung der Borkenkäfer in Finnland. — Verh. d. deutsch. Ges. f. ang. Ent. 1931.

Sälzle, K., Untersuchungen an Libellenlarven über das Wesen bewegter Objekte. — Zeitschr. f. vergl. Phys. 18. Bd., 1932.

Shelford, V. E., En Experimental and Observational Study of the Chinch Bug in Relation to Climate and Weather. — Illinois Dep. Registr. and Education, Bull. Vol. XIX, Article VI, 1932.

Silvestri, F., Agricoltura e uccelli, uccelli e agricoltura. — Milano 1933.

Silvestri, F., Rapporto tra insetti di piante spontanee e piante coltivate lotta biologica contro piante dannose. — L'Italia Agricola 1933.

Silvestri, F., Description of a new genus and two new species of South american Diplopoda of the family *Polydesmidae*. — Amer. Mus. Novitates 1932 (Nr. 565).

Silvestri, F., A new and extraordinary genus of the Diplopod family, *Polydesmidae*, from British Guiana. — Ebenda (Nr. 564).

Simola, E. F., Das Landwirtschaftliche Versuchswesen in Finnland. — Mitteilung Nr. 45 der staatl. landwirtschaftl. Versuchstätigkeit. Helsingfors 1932.

Sinoda, O. and **Kurata, M.**, Nutritional study on Dermestid Beetles. I. The chemical composition and especially the nature of the ether extract of beetles. — The Journ. of Biochem. VI, 1932.

Sitowski, L., *Panolis flammea* Schiff. und ihre Parasiten. — Roczn. Nauk Polniczn. i Leśn. Tom XXVII, Poznan 1932. (Polnisch mit deutschem Resumé.)

Šulc, K., Československi druhy rodú puklice (gn. *Lecanium*, *Coccidae*, *Homoptera*). Die tschechoslowakischen Lecanium-Arten. — Acta Soc. Sc. Nat. Morav. T. VII, 1932 (134 S. mit 64 Abb.).

Suter, Paul, Untersuchungen über Körperbau, Entwicklungsgang und Rassendifferenzierung der Kommaschildlaus, *Lepidosaphis ulmi* L. — Mitt. Schweiz. Entom. XV. Heft 9, 1932, (73 S. mit 66 Abb.).

Sweetman, H. L., Further studies of the physical ecology of the alfalfa weevil, *Hypera posticus* Gyll. — Journ. Econ. Entom. 1932, Nr. 3.

Sweetman, H. L., Notes on the life history of *Chaitophorus populella* G. u. P. (Aphididae). — Ebenda 1931, Nr. 4.

Sweetman, H. L., The effects of temperature and moisture on the distribution of the Mexican bean beetle, *Epilachna corrupta* Muls. — An. Entom. Soc. Amer XXV, Nr. 1, 1932.

Sweetmann, H. L., Preliminary report on the physical ecology of certain *Phyllophaga* (*Scarabaeidae*, Col.). — Ecology XII, Nr. 2, 1931.

Schaffnit, E., und Weber, H., Versuch zur Bekämpfung des Wurzelälchens „*Heterodera radicicola*". — Der Obst u. Gemüsebau 1929.

Schaffnit, E., Über die Entwicklung und Bedeutung der Phytopathologie. — Der Biologe I, Heft 2, 1931.

Schimitschek, E., Forstentomologische und forstschutzliche Untersuchungen aus dem Gebiet von Lunz II. — Centralbl. f. d. ges. Forstwesen 1932.

Schimitschek, E., Moritz Seitner zum siebzigsten Geburtstag. — Ebenda 1932.

Schimitschek, E., Schäden in Eichenfriesen (Parkettbrettern) durch *Lyctus linearis* Goeze (*-canaliculatus* F.). — Wien. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1932, Nr. 53.

Schimitschek, E., Forstschutzliche und forstentomologische Studien aus dem Demonstrationsrevier Preßbaum der Hochschule für Bodenkultur. — Wien. Allg. Forst.- und Jagdzeitung 1932, Nr. 48 u. 49.

Schimitschek, E., Fragen tierischer Bevölkerungslehre. — „Österreichs Weidwerk" mit der Abteilung Forstwirtschaft 1933, Heft 8.

Schneider-Orelli, O., Über die Bekämpfung holzzerstörender Käferlarven *(Lyctus)*. — Mitt. Schweiz. Entom. Ges. XV, 1932.

Schneider-Orelli, O., Weitere Versuche mit Frostspannerpuppen *Cheimatobia brumata* L. — Ebenda.

Schoeller, Walter, und **Goebel, Hans**, Die Wirkung des Follikelhormons auf Pflanzen. — Biochem. Zeitschr. 1931.

Schoevers, T. A. C., Bestuiven en Bestuivers. — Mededel. Plantenziektenkundigen Dienst te Wageningen Nr. 67. Wageningen 1932.

Schmitt, N., Ein neues Verfahren zur besseren Ausnutzung des wirksamen Stoffes aus rotenonhaltigen Pflanzen. — Anz. f. Schädlingskd. IX, 1933.

Schmitt, N., Kultur und Absatz von *Derris elliptica* Benth. — Tropenpflanzer 1932.

Schulze, Paul, Die Körpergliederung der Zecken, die Zusammensetzung des Gnathosoma und die Beziehungen der Ixodoidea zu den fossilen Anthracomarti. — Sitzungsber. der Nat. Ges. Rostock 1932.

Schulze, Paul, Über das Zustandekommen des Zeichnungsmusters und der Schmelzfärbung in der Zeckengattung *Amblyomma* Koch nebst Bemerkungen über die Gliederung des Ixodidenkörpers. — Zeitschr. f. Morph u. Ökol. 25. Bd., 1932.

Schulze, Paul, Die Zecken als Vogelparasiten. — Journ. f. Ornithol. 1932.

Schulze, Paul, Über das Wesen der Instinkte. — Rostock 1933.

Schulze, Paul, Über Zeckengynander. — Zeitschr. f. Morph. u. Ökol. 26. Bd., 1933.

Schwartz, W., Über Versuche mit „Hylarsol" gegen *Hylobius abietis* in dem Stadtforst Fürstenwalde/Spree. — Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 1933.

Schweiz, — Bericht der Eidgen. Versuchsanstalt für Obst-, Wein- u. Gartenbau in Wädenswil für die Jahre 1929 u. 1930, erstattet von Direktor Dr. Kurt Meier, Landw. Jahrb. der Schweiz 1932.

Schwerdtfeger, Fr., Prognose und Bekämpfung von Forleulenkalamitäten. — Berlin (Verlag „Der deutsche Forstwirt") 1932.

Schwerdtfeger, Fr, Vergleichende Untersuchungen über die Wirkung einiger Kontaktgifte auf Forstschädlinge. — Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz 1932.

Schwerdtfeger, Fr., Die Erholungsfähigkeit von Kiefernbeständen nach Spannerfraß. — Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 1932.

Speyer, W., Vermeidung von Nachteilen für die deutsche Bienenzucht bei der Bekämpfung der Obstbaumschädlinge. — Aus „Bienenweide". Leipzig 1930.

Speyer, W., Die Bedeutung der Erlen und Weiden für den niederelbischen Obstbau. — Stader Tagebl. 19. 9. 1933.

Speyer, W., Welche Insekten finden wir in den Fanggürteln? — Verbandszeitschr. Niederelbisch. Landes-Obst-Verb. 1931 (Nr. 12).

Speyer, W., Wissenswertes vom kleinen Frostspanner. — Stad. Tagebl. 1931 (22. Nov.).

Speyer, W., Über die im Obstbaugebiet an der Niederelbe und mit Theobaldscher Brühe und anderen Winterspritzmitteln gemachten Erfahrungen. — Der Obstbau 1932 (Nr. 8).

Speyer, W., Beitrag zur Bekämpfung des Apfelblütenstechers mit Hilfe von Fanggürteln. — Die kranke Pflanze 1932 (Nr. 9/10).

Speyer, W., und **Glameyer, W.**, Elektrowärme in der Bienenzucht. — Arch. f. Bienenkd. 1932.

Speyer, W., Wanzen (Heteroptera) an Obstbäumen. — Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1933.

Speyer, W., Was bedeutet „Kaiwurm"? (Larve von *Anthonomus pomorum).* — Nachr. Deutsch. Pflanzenschutzd. 1933, 1.

Speyer, W., Kann sich die Obstmade (*Cydia pomonella* L.) ausschließlich von Blättern ernähren? — Arb. Biol. Reichsanst XX, Heft 2, 1932.

Speyer, W., Hat *Cheimatobia brumata* L. einen Hochzeitsflug? — Anz. f. Schädlkd. VIII, 1932.

Spranger, A. A. C., Over *Brachyderes incanus.* — Med. Labor. Entom. Landbouhoogsch. Wageningen 1932.

Sprengel, L., u. **Sonntag, K.**, Der Flug der Kirschfliege (*Rhagoletis cerasi* L.) in seiner Bedeutung zur Fruchtreife und Witterung mit grundsätzlichen Erörterungen über die Erfassung der Wetterfaktoren. — Anz. f. Schädlingsk VIII 1932.

Sprengel, L., Über zwei Hyperparasiten von *Aphelinus mali* Hald. — Anz. f. Schädlingskd. VII, 1931.

Sprengel, L, Verwendung von Staubmitteln im Obstbau. — Dürkheimer Tageblatt 30. März 1932.

Sprengel, L., Kirschfruchtfliege und ihre Bekämpfung. — Flugbl. 83 (Biol. R. Anst.) 3. Aufl., 1932.

Sprung, Fr., Die Flügeldecken der Carabidae. — Zeitschr. f. Morph. u. Ökol. 24. Bd. 1932, (45 S. 58 Abb.).

Stapel, Chr., Om Rodaalen (*Hederodera radicicola* Gr.) og nogle forsøg til dens bekaempelse. — Tidsskr. Planteavl 38. Bd., 1932.

Statelov, N., De la biologie de *Barbitistes amplipennis* et la lutte contre cet insecte. — Zemiedelska missal. Tome II, 1931. (Bulgarisch mit franz. Res.).

Statelov, N., Ein pathogener Bazillus in den Larven von *Barbitistes amplipennis*. — Mitt. d. Bulgar. Entom. Ges. Bd. VII, 1932. (Bulgarisch mit deutsch. Res.)

Steiner, A., Die Arbeitsteilung der Feldwespe, *Polistes dubia* K. — Zeitschr. f. vergl. Physiol. 17. Bd., 1932.

Stellwaag, F., Die Massenausbreitung des Kartoffelkäfers in Frankreich — eine erneute Gefahr für die pfälzische Wirtschaft. — Landw. Blätter (Amtsblatt der Kreisbauernkammer Pfalz), 1932 (Nr. 21).

Stellwaag, F., Gesundes Obst durch planmäßige Schädlingsbekämpfung. — Nürnberg (Bayer. Landesverband f. Obst- u. Gartenbau) 1933.

Stellwaag, F., Der Heu- und Sauerwurm. — Biol. Reichsanstalt Flugbl. Nr. 49, 5. Aufl., 1931.

Stellwaag, F., Der Baumweißling und seine Bekämpfung. — Ebenda Flugbl. Nr. 70, 5. Aufl., 1932.

Stiles, C. W., and **Stanley, S.**, Key-Catalogue of Parasites reported for Insectivora (Moles, Shrews etc.) with possible public health importance. — N. S. Treas. Dep. Nation. Inst. Health Bull. Nr. 159 (1931).

Takahashi, R., *Aleurodidae* of Formosa Part II., Observations on the *Coccidae* of Formosa Part III. — Dep. Agr. Gov. Res. Inst. Formosa, Japan, Rep. Nr. 60, 1933.

Tamanuki, Koichi, On the Bark-Beetles Fauna of Dying Spence in Southern Saghalien. — Rep. Sagh. Centr. Exp. St. Ser. 2, Nr. 3, 1933.

Teubner-Predmerski, E., Das Arbeiten mit entflügelten Mücken. — Arch. f. Schiffs- u. Tropenhygiene 1930.

Thiem, H., Pleisozontie als Arterhaltungsprinzip. — Jen. Zeit. f. Naturw. 67. Bd., 1932.

Thiem, H., Eine rote Kommaschildlaus der deutschen Coccidenfauna *(Lepidosaphis rubri* n. sp.). — Die Gartenwissenschaft 5. Bd., Heft 6, 1931.

Thiem, H., Der gefurchte Dickmaulrüßler (*Otiorhynchus sulcatus* F.) als Gewächshaus- und Freilandschädling. (Zuchtergebnis über Parthenogenese, Eiablage und Lebensdauer). Ebenda 6. Bd., Heft 5, 1932.

Thiem, H., Heckenkirschen und Sauerdorn als Wirtspflanzen der Kirschfruchtfliege *(Rhagoletis cerasi* L.). — Nachr. D. Pflanzenschutzdienst 1932, Nr. 6.

Thiem, H., Methoden und Ergebnisse der Anfälligkeitsuntersuchungen gegen Reblaus in den staatlichen Rebenprüfstellen zu Iphofen und Ingelfingen. — „Wein u. Rebe" 13. Jahrg. (1931), Heft 9.

Thiem, H., Mittelprüfung gegen *Eulecanium corni* an Zwetsche. — Nachr. D. Pflanzenschutzdienst 1931, Nr. 12.

Thiem, H., Ein auswechselbares biologisches Bodensieb. — Ebenda 1932, Nr. 5.

Thiem, H., Die Bienenwolfplage im Kalkgebiet der Werra und ihre Bekämpfung. — „Die deutsche Bienenzucht in Theorie u. Praxis" 1932, Nr. 6.

Thomsen, M., und **Wichmand, H.**, Über die Giftrindenmethode und andere Bekämpfungsmaßnahmen gegen *Hylobius abietis*. — Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1933.

Thomsen, M., Spritzmittel gegen *Chermes* auf Weißtannen. (Dänisch mit deutschem Res.) — Det forstl. Forsogswaesen i Danmark XIII, 1933.

Titschack, E., Die entomologische Abteilung des zool. Staatsinstituts in Hamburg 1932/33.

Trappmann, W., Erprobte Mittel gegen tierische Schädlinge. — Flugbl. 46 (Biol. R.-A.) 14. Aufl., 1932.

Trägårdh, Ivar, Palaeacariformes, a new suborder of the *Acari*. — Nature 1932.
Trägårdh, Ivar och **Foreslund, K. H.**, Studier över insamlingstekniken vid undersökningar över Markens djurliv. (Untersuchungen über die Auslesemethoden beim Studium der Bodenfauna.) — Medd. Stat. Skogsförsöksanstalt Häfte 27 (1932).
Troitzky, N. N., Das Reblausproblem und seine Lösung in der Union d. S. S. R. Leningrad 1932.
Tunkl, F. v., Zur Biologie von *Pyrochroa coccinea* L. — Ent. Zeitschr. 1932.
Uhlmann, E., Zur Biologie und Bekämpfung der Holzwespe *Paururus juvencus* L. — Mitt. Ges. f. Vorratsschutz 1932 (Nr. 6).
Uvarov, B. P., Insects and Climate. — Trans. Ent Soc. London 1931, (247 S.).
Uvarov, B. P., Bioclimatograph, an improved method for analyzing bioclimatic relations of insects. — Ecology Vol. XIII, 1932.
Uvarov, B. P., Ecological studies on the Maroccan Locust in Western Anatolia. — Bull. Entom. Res. XIII, 1932.
Verhoeff, C., *Myriapoda*. — In: Handwörterb. der Naturw. 1932.
Vietinghoff, A. von, Um unser heimisches Vogelleben. Die Vogelschutzstation Neschwitz des Landesvereins Sächs. Heimatschutz. — Leipz. Ill. Zeitung 1932, Nr. 4582.
Voelkel, H., Methoden zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln. VI. Nachwirkungen verschiedener Insektizide auf Seidenspinner. — Mitt. Biol. Reichsanstalt Nr. 46, 1933.
Vogtherr, Fohreneulenfraß vor 205 u. 145 Jahren in Ansbacher Waldungen. — Heimatblätter f. Ansbach u. Umgebung 1930.
Wahl, Br., Einschleppung der San José-Schildlaus in Mitteleuropa. — Wien. Landw. Zeitg. 1932 (28. Mai).
Walczuch, A., Studien an Coccidencymbionten. — Zeitschr. f. Morph. u. Ökol. 25. Bd., 1932 (105 S., 74 Abb.).
Watzl, O., Über ein Auftreten der Mittelmeerfruchtfliege (*Ceratitis capitata* Wied.) in Wien. — Die Gartenbauwissensch. 6. Bd., 1932.
Werringloer, A., Die Sehorgane und Sehzentren der Dorylinen nebst Untersuchungen über die Fazettenaugen der Formiciden. — Zeitschr. f. wiss. Zool. A: 141 Bd. 1932.
Werth, E., Krankheiten und Beschädigungen der Kulturpflanzen im Jahre 1929. — Mitt. Biol. Reichsanst. Heft 43, 1932 (mit 30 Karten).
Weyer, Fr., Cytologische Untersuchungen am Gehirn alternder Bienen und die Frage nach dem Alterstod. — Zeitschr. f. Zellforschung u. mikr. Anat. 1931.
Weyer, Fritz. Untersuchungen zur Rassenfrage bei *Anopheles maculipennis* in Nordwestdeutschland. — Centralbl. f. Bakt. usw. I, 1933.
Wheeler, W. M., Hopes in the biological sciences. — Proc. Amer. Philos. Soc. LXX, Nr. 3, 1931.
Wheeler, W. M., What is Natural History. — Bull. Boston Soc. Nat. Hist. 1931.
Wheeler, W. M., A Cuban *Vermilio*. — Psyche Vol. XXXVIII, 1931.
Wheeler, W. M., Neotropical ants of the genus *Xenomyrmex* For. — Rev. de Entomologia Vol. 1, 1931.
Wheeler, W. M., The Harvard Biological Laboratories. — Cambridge 1931.
Wheeler, W. M., Concerning some ant gynandromorphs. — Psyche XXXVIII, 1931.
Wheeler, W. M., 8 Arbeiten über Ameisen aus dem Jahre 1932.
Wilcoxon, Fr. and **Hartzell, A.**, Some factors affecting the efficiency of contact insecticides. III. Further chemical and toxicological studies of Pyrethrum. — Contr. Boyce Thompson Instit. Vol. 5, 1933.
Wille, Joh., Der Coca-Strauch Perús und seine Schädlinge. — Tropenpflanzer 35. Jahrg., 1932.
Zacher, Fr., Brasilianische Speicherschädlinge. — Mitt. Ges. f. Vorratsschutz 1932.
Zacher, Fr., Untersuchungen über die Anatomie der Geschlechtsorgane und die Systematik der Samenkäfer („*Bruchidae*"). — Arch. Zool. Ital. XVI, 1930.
Zacher, Fr., Onychophora. — Handwörterbuch d. Naturw. VII, 1932.

Zacher. Fr., Beiträge zur Kenntnis phytophager Milben. — Zool. Anz. Bd. 97, 1932.
Zander, E., 25 Jahre Bayerische Landesanstalt für Bienenzucht in Erlangen. — Landw. Jahrb. f. Bayern 1932.
Zander, Festschrift zum 60. Geburtstag von Enoch Zander. Herausgegeben von A. Himmer und E. Wohlgemuth. — Leipziger Bienenzeitung 1933.
Zillig, H. und **Herschler, A.**, Die Herstellung kupferarsen- und nikotinhaltiger Spritzbrühen für den Pflanzenschutz. — Flugblatt Nr. 52 der B. R.-A. (3. Aufl.), 1932.
Zweigelt, Fr., Wo müssen wir heuer mit stärkeren Maikäferflügen rechnen? — Zeitschr. „Obst" 1933.
Zweigelt, Fr., Der heurige Maikäferflug und die Weinbaugebiete. — „Das Weinland" Nr. 3, 1933.
Zwölfer, W., Zur Unterscheidung von Spannerpuppen aus der Kiefernwaldbiocönose nebst Bemerkungen über eine Massenvermehrung des Beerkrautspanners, *Boarmia crepuscularia* Schiff. — Forstw. Centralbl. 1932.
Zwölfer, W., Ein verbesserter Williamscher Brücken-Thermostat. — Anz. f. Schädlingskunde 1932.
Zwölfer, W., Zur Nonnen-Prognose. — „Silva" 1933.

Band XX, Heft 4.

Originalaufsätze.

Die Wirkung des Kontaktgiftes Pyrethrum auf Forstschädlinge unter dem Einfluß der physiologischen Disposition der Schädlinge und der Einwirkung von ökologischen Außenfaktoren.

Von

Karl Gößwald, München.

(Aus dem Institut für angewandte Zoologie.)

(Ausgeführt mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft.)

(Mit 10 Abbildungen.)

Inhaltsübersicht.

Seite

A. Einleitung, Vorbemerkungen 491
Material und Arbeitsmethode 492
B. Spezieller Teil. Ökologisch-physiologische Untersuchung über die Giftwirkung des Pyrethrums auf verschiedene Forstschädlinge 493
I. *Lymantria monacha* L., die Nonne 494
1. Versuch zur Feststellung der Abhängigkeit der Giftwirkung von Temperatur und Feuchtigkeit 494
2. Feststellung von Empfindlichkeitsunterschieden an Nonnenraupen, Stadium II bis V 496
3. Weitere physiologische Versuche über die Giftwirkung an Nonnen . . 498
a) Regionale Empfindlichkeitsunterschiede 498
b) Giftwirkung auf feuchtem und trockenem Untergrund 499
c) Mechanischer Einfluß von Regen auf die Bestäubung 499
d) Frage der Erholungsfähigkeit bestäubter Raupen auf frischem Futter 499
e) Zur Frage von Wirkungsunterschieden des Pyrethrums in offenen und geschlossenen Gefäßen 500
II. *Lymantria dispar* L., der Schwammspinner 500
1. Abhängigkeit der Giftwirkung von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit 500
2. Schwammspinner Stadium II, 2. Temperaturfeuchtigkeitsversuch . . . 501
3. Einfluß von Regen vor und nach der Begiftung 501
a) Regen vor der Bestäubung 501
b) Regen nach der Begiftung 502

Seite

III. *Euproctis chrysorrhoea* L., das Goldafter 502
Feststellung der Empfindlichkeit im Vergleich zur Nonne 502
IV. *Dendrolimus pini* L., der Kiefernspinner 503
1. Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit 503
2. Abhängigkeit der Giftwirkung von der Fraßintensität 503
V. *Bupalus piniarius* L, der Kiefernspanner 503
1. Temperaturfeuchtigkeitsversuch von Stadium III des Kiefernspanners . 504
2. Einfluß der Temperatur und Luftfeuchtigkeit beim letzten Stadium kurz nach der Häutung und Nachwirkung des Giftes in das Puppen- und Falterstadium 504
a) Mortalität der Raupen 504
b) Mortalität der Puppen 505
c) Nachwirkung des Giftes in das Falterstadium 507
Geschlechterverhältnis 507
Eizahl 507
3. Einfluß der Temperatur und Luftfeuchtigkeit beim Kiefernspanner 8 Tage nach der letzten Häutung und kurz vor der Verpuppung und Nachwirkung des Giftes in das Puppen- und Falterstadium 508
a) Mortalität der Raupen 508
b) Mortalität der Puppen 508
c) Nachwirkung des Giftes in das Falterstadium 509
4. Fraßintensität und Fraßmenge pyrethrumbegifteter Kiefernspanner unter der Einwirkung verschiedener Temperatur und Luftfeuchtigkeit . . . 509
VI. *Nematus laricis* Htg., die kleine Lärchenblattwespe. Giftwirkung unter dem Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit 511
VII. *Lophyrus pini* L., die Kiefernbuschhornblattwespe. Giftwirkung unter dem Einfluß verschiedener Temperatur und Luftfeuchtigkeit 511
C. Allgemeiner Teil. Physiologie der Giftwirkung 512
I. Reizerscheinungen nach der Bestäubung 512
II. Empfindlichkeitsunterschiede, ihre Ursachen und Erklärung 514
1. Primär vorhandene Empfindlichkeitsunterschiede 514
a) Artspezifische Empfindlichkeitsunterschiede 514
b) Altersspezifische Empfindlichkeitsunterschiede 515
2. Sekundär, unter dem Einfluß ökologischer Außenfaktoren veränderliche Empfindlichkeitsunterschiede 516
a) Temperatur 516
b) Relative Luftfeuchtigkeit 517
c) Regen 518
d) Fraßintensität 518
3. Zur Frage der Ursachen der Empfindlichkeitsunterschiede 519
III. Nachwirkung des Giftes in das Puppen- und Falterstadium 521
IV. Folgerungen aus den Ergebnissen für die praktische Bekämpfung und Grundsätzliches zur Herstellung von Giften 522
D. Anhang. Physikalische Eigenschaften des Kontaktgiftes Dusturan 525
1. Verstäubbarkeit 525
2. Haftfähigkeit 525
3. Spezifisches Gewicht 525
4. Wasseraufnahmefähigkeit 525
5. Wertbeständigkeit 526
6. Chemische Zusammensetzung des Giftes 526
E. Schluß. Zusammenfassung 526

* * *

A. Einleitung, Vorbemerkungen.

Die Verwendung von Kontaktgiften bei der Bekämpfung von Forstschädlingen an Stelle bisher gebräuchlicher, meist arsenhaltiger Fraßgifte, bedeutet einen gewaltigen Fortschritt. Die große Abhängigkeit der Wirkungen der Fraßgifte von der Wetterlage und der Fraßintensität der Raupen tritt bei Kontaktgiften nicht in dem großen Umfange in Erscheinung. Besonders wertvoll ist auch die sofortige Einstellung des Fraßes nach wirksamer Bekämpfung. Schließlich fällt der große Nachteil der Giftigkeit von Arsenstäubemitteln gegen Warmblütler bei zweckmäßig zusammengestellten Kontaktgiften weg (vgl. Freytaud 1924, Cornu 1927). Schon seit langem und wiederholt hat Escherich auf diese Vorzüge von Kontaktgiften hingewiesen (vgl. 1927, 1929, 1931 a, 1931 b, 1932).

Die bisher gebräuchlichen Kontaktgifte hatten aber nur auf Nacktraupen, und hier wieder meist auf jüngere Stadien den gewünschten Erfolg (vgl. Weiß 1931).[1]) Es ist daher ein hervorragendes Verdienst von Escherich um die Schädlingsbekämpfung, in seinem Institut in großzügiger Weise Untersuchungen zur Durchführung kommen zu lassen über die Giftwirkung von Pyrethrum, welches auch auf sehr widerstandsfähige behaarte Raupen, wie den Großschädling Nonne eine ausgezeichnete Wirkung erzielen kann.[2])

Nachdem die hervorragende Wirkung des Pyrethrums in Vergleich zu etwa 40 ebenfalls neu herausgekommenen Kontaktgiften festgestellt war, ergab sich als nächstes Ziel zu untersuchen, unter welchen Bedingungen die höchste Giftwirkung des Pyrethrums zu erreichen ist. Der Erfolg einer Vergiftung ist zunächst bedingt durch die Qualität und Quantität des Giftes selbst und die Widerstandskraft des Individuums; letztere kann konstant art- oder altersspezifisch sein, aber auch sekundär verändert werden durch ökologische Außenfaktoren. Es wurden demnach erstrebt:

1. Feststellung des empfindlichsten Stadiums des Schädlings durch Vergleich der Giftwirkung in den verschiedensten Altersstufen und Bestimmung der Grenzen der Wirksamkeit des Giftes durch Bestäubung mit verschieden starken Giften und verschiedenen Staubdichten.

[1]) Über die gute Wirkung von Forestit auf Eule und Spanner vgl. Escherich 1931 b und Marcus 1932.

[2]) Die insektizide Wirkung des Pyrethrins ist zwar schon längst bekannt, die einschlägige Literatur ist derart umfangreich, daß auf sie unmöglich hier eingegangen werden kann, aber bisher galt die Verwendung des Pyrethrums als unrentabel, bis es der Pflanzenschutz-Ges. m. b. H. Hamburg gelang, durch ein geeignetes Extraktionsverfahren die Verwendung von Pyrethrum wirtschaftlich zu gestalten. — Im Weinbau ging die Bekämpfung mit Pyrethrum aus von Prof. Dr. Stellwaag an der Staatlichen Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau, Neustadt a. d. Haardt; vgl. Sprengel 1932.

2. Festsetzung optimaler Außenbedingungen zur Bekämpfung. Als besonders einflußreiche Außenfaktoren in der Verwendung von Pyrethrumkontaktgiften wurden Temperatur [1]) und Feuchtigkeit erkannt.

3. Erforschung der Ursachen der Empfindlichkeitsunterschiede, durch deren Kenntnis erst eine grundsätzliche Verbesserung der Bekämpfungsmethode möglich ist. In der Hauptsache handelt es sich hier neben morphologischen Verschiedenheiten der Tiere auch um Unterschiede in ihrer chemisch-physiologischen Struktur.

Als Kriterium der Giftwirkung dienten Mortalität, mittlere Absterbezeit, Kotabgabe, Nachwirkung in das Puppen- und Falterstadium (Eizahl). [2])

Herrn Geheimrat Univ.-Professor Dr. Karl Escherich danke ich herzlichst für die Anregung zu meinen Untersuchungen, auf deren Förderung er stets in der liebenswürdigsten Weise bedacht war.

Finanziell ermöglicht wurden mir die Untersuchungen durch ein Forschungsstipendium der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, wofür ich ebenfalls meinen aufrichtigsten Dank ausspreche. Das Stipendium wurde vermittelt durch meinen hochverehrten Lehrer Herrn Univ.-Professor Dr. Waldemar Schleip, Würzburg. Für seine freundliche Unterstützung bin ich zu besonderem Dank verpflichtet.

Material und Arbeitsmethode.

Als Versuchsobjekte dienten vor allem Raupen von verschiedenen Forstschädlingen. Zum Teil waren diese aus Eiern im Laboratorium gezogen, zum Teil wurde aus dem Freiland möglichst gesundes (über die Notwendigkeit hierzu vgl. Janisch 1932) gleichaltriges Material ausgesucht.

Die wichtigsten Probleme der Arbeitsmethode zur Feststellung der Wirkung eines Giftes (unter besonderer Berücksichtigung von Fraßgiften) sind in der grundlegenden Arbeit von Stellwaag (1929 bis 1931) zusammengefaßt; über die neuesten Methoden vgl. Görnitz (1933).

In der Arbeit wurde besonderer Wert darauf gelegt, durch Auswahl gleicher Altersstadien in einem Versuch und Beihaltung bestimmter Außenfaktoren, auch bei den Kontrolltieren, bis zum Ablauf

---

[1]) Über die Abhängigkeit der Wirkung des Nikotins auf Seidenraupen von der Temperatur vgl. Stellwaag 1930, S. 65. Über bessere Wirkung von Schwefel als Insektizid bei höherer Temperatur siehe eine Arbeit in Entomology 1928—1929 und De Ong und Huntoon 1929, über Bariumchlorid Menozzi 1930. Den Verlauf der Arsengiftwirkung in Abhängigkeit von der Temperatur vgl. Janisch (1929) und Berwig (1931).

[2]) Von der Berechnung eines Ko-Punktes (vgl. Goetze 1932) mußte abgesehen werden; der Tod scheint mir als Kriterium der Giftwirkung exakter (vgl. auch Stellwaag 1931, S. 723); es hat sich zudem herausgestellt, daß Tiere, die völlig erledigt schienen, wieder erholungsfähig waren.

des Versuches und schließlich durch Prüfung der Giftwirkung in gleichen Zeitabständen einen Vergleich der Versuchsserien und eine Beziehung der Versuchsergebnisse untereinander zu ermöglichen.

Da sich bei der Prüfung des Einflusses der ökologischen Außenfaktoren ergab, daß die in trockener Laboratoriumsluft gezüchteten oder auch längere Zeit hier gepflegten Raupen viel hinfälliger gegen das Gift sind als das durchschnittliche Freilandmaterial, empfiehlt es sich, die Giftversuche an Raupen durchzuführen, die schon bei verschiedenen Temperaturfeuchtigkeitsbedingungen großgezogen, oder zum mindesten längere Zeit gezüchtet wurden; unbedingt erforderlich ist aber eine Vergiftung bei sämtlichen möglichen Witterungsbedingungen, auch unter künstlichem Dauerregen, sonst sind Schlüsse auf die Wirkung des Giftes im Freien nicht zulässig.

Die Bedingung einer gleichmäßigen Bestäubung wird in hervorragendem Maße erfüllt durch den Campbell-Stellwaag-Apparat (Stellwaag 1931). Um bei allen Versuchsserien auch eine quantitativ gleichwertige Bestäubungsdichte zu erhalten, habe ich, statt das Gift aus der Pulverflasche einzustäuben, an deren Stelle immer ein Glasröhrchen mit einer abgewogenen Menge des Giftes eingefügt und den Zylinder nicht mehr nach dem Einstäuben abgehoben, so daß sich eine bestimmte Menge des Giftes immer gleichmäßig auf die Bodenfläche des Zylinders verteilte. Wiederholte Abzählungen der Körnchen pro Quadratmillimeter unter dem Mikroskop haben eine fast absolute Gleichmäßigkeit der Verteilung der Körnchen ergeben. Die Dichte der Bestäubung wurde dabei so gewählt, daß sie etwa ein Zentner pro Hektar entspricht (wobei die Vertikalstreuung in den Baumkronen mit berücksichtigt wurde), um das Versuchsergebnis annähernd auf Freilandbestäubungen übertragen zu können. [1])

B. Spezieller Teil. Ökologisch-physiologische Untersuchung über die Giftwirkung des Pyrethrums auf verschiedene Forstschädlinge.

Die Wirkung des Giftes wurde bei einigen besonders wichtigen Forstschädlingen untersucht. Der Erfolg ist bei den einzelnen Arten sehr verschieden; aber auch die gleiche Art kann sehr große Empfindlichkeitsunterschiede aufweisen, je nach Alter und physiologischer Disposition, wobei letztere in hohem Maße dem Einfluß ökologischer

[1]) In dieser Arbeit sollte nicht der Giftwert der wirksamen Substanz, also des Pyrethrins, untersucht werden; dies ist schon an anderer Stelle geschehen; ebensowenig interessierte die Wirkung einer bestimmten Giftmenge pro Gewichtseinheit des Raupenkörpers. Solche Ergebnisse lassen sich nur schwer auf die Praxis umrechnen. Es kam vielmehr darauf an, die Wirkung des bei Normalbestäubungen verwendeten Quantums auf die Raupe unter den verschiedensten Witterungsbedingungen festzustellen. Dabei kann auch das spezifische Gewicht des Giftes vernachlässigt werden.

Außenfaktoren, wie Temperatur und Feuchtigkeit unterworfen ist. Jede Art und jedes Altersstadium hat ein spezifisches Temperaturwiderstandsoptimum gegen das Gift, und zwar entspricht dieses weitgehendst dem vitalen Entwicklungsoptimum (für die untersuchten Arten 16—24 ° C). Das Feuchtigkeitsoptimum gegen das Gift liegt stets sehr hoch bei annähernd 100 % ohne Rücksicht auf das vitale Optimum.

I. *Lymantria monacha* L., die Nonne.

Jede Versuchsserie umfaßt etwa 40 verschiedene Temperaturfeuchtigkeitskombinationen (5—36 ° C; 35—100 % relative Luftfeuchtigkeit, stets mit Kontrollversuch, mit zusammen annähernd 4000 Individuen. Neben Fraßversuchen wurden auch Hungerversuche angestellt, um den eventuellen Einfluß einer durch Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsunterschiede veränderten Nahrung auf die Giftwirkung auszuschalten. Da sich in kurz dauernden Versuchen ein falsches Bild über die Lebensfähigkeit der Raupen bei niedriger Temperatur ergibt, wurden außer Zeitversuchen auch Dauerversuche bis zum Tod oder zur Wiedergenesung der letzten Raupen durchgeführt.

Die Bestäubung erfolgte nach der S. 493 angegebenen Methode. Einfache Bestäubung entspricht 1 Ztr. pro Hektar, doppelt starke 2 Ztr. usw. Nähere Einzelheiten an gegebener Stelle.

1. Versuch zur Feststellung der Abhängigkeit der Giftwirkung von Temperatur und Feuchtigkeit.

Nonneneiraupen wurden einfach (siehe oben) bestäubt, ohne Futter belassen, der Versuch nach 3 Tagen (1.—3. August) abgebrochen, was bei der Auswertung der Ergebnisse besonders zu berücksichtigen ist.

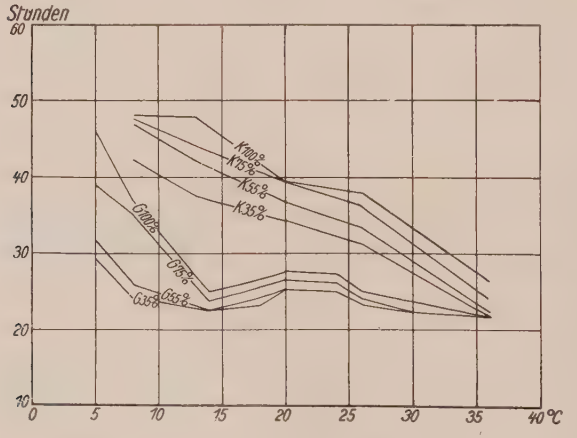


Abb. 1. Mittlere Absterbezeit von *Lymantria monacha* (Eiraupen) nach einfacher Bestäubung. *K* 100 % = Verlauf der Absterbezeit im Kontrollversuch bei 100 % rel. Luftfeuchtigkeit usw., *G* bedeutet Giftversuch.

Besonders auffallend ist eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen das Gift bei 16—24 ° C; das Temperaturwiderstandsoptimum liegt bei 20 ° C, wie sich besonders in Fraßgiftversuchen zeigt, in denen die Raupen nach der Begiftung bis zum Tod oder zur völligen Wiedergenesung gepflegt wurden.[1])

In dem Temperaturbereich über 24 ° C steigt die Mortalität im

[1]) Diese Versuche brauchen hier nicht besonders aufgeführt zu werden, da sich, abgesehen von dem Einfluß der kurzen Versuchsdauer, welcher sich in einer anscheinend größeren Widerstandsfähigkeit bei niederer Temperatur bemerkbar macht, kein prinzipieller Unterschied ergibt. Im Hungerversuch wie im Fraßversuch lag bei der Begiftung die größte Widerstandsfähigkeit stets bei 20 ° C.

Giftversuch auf 100 %, noch bevor im Kontrollversuch diese Grenze erreicht wird. In der gleichen Richtung verkürzt sich die Absterbezeit, welche im Bereich des Widerstandsoptimums ihren natürlichen Höhepunkt besitzt.

Von 16 ° C abwärts steigt die Mortalität wieder auf 100 %; in Dauerversuchen wird diese Höhe der Giftwirkung bei niederer Tempe-

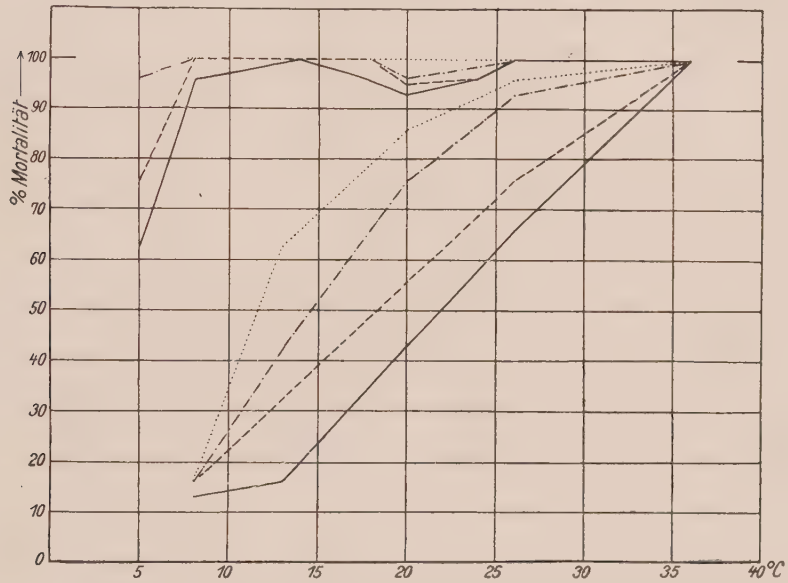


Abb. 2. Mortalität der Nonne, Stadium I, im Giftversuch (oben) und Kontrollversuch (unten). ····· = 35 %; —·—·— = 55 %; — — — = 75 %; ———— = 100 % rel. Luftfeuchtigkeit.

ratur auch nicht mehr unterschritten; in dem Zeitversuch zeigt sich, besonders deutlich, daß die niedere Temperatur eine Verzögerung des Todes bewirkt, was zu der irrigen Ansicht führen kann, daß die Raupen bei kaltem Wetter widerstandsfähiger gegen das Gift sind, wenn nicht Dauerversuche als Vergleich zur Verfügung stehen. Da die Raupen nach erfolgreicher Begiftung mit Pyrethrum nicht mehr fressen, ist diese Verzögerung des Todes bei niederer Temperatur praktisch bedeutungslos. Trotz der Verzögerung der Giftwirkung ist also der Enderfolg der Bestäubung mit dem Kontaktgift um so besser, je weiter sich die Temperatur vom Widerstandsoptimum nach unten entfernt.

Die Verzögerung der Absterbezeit durch niedere Temperatur ist keine gleichmäßige. Unterhalb des Temperaturwiderstandsoptimums erfährt die Absterbezeit eine deutliche Verkürzung, um dann wieder an einem Wendepunkt, an dem sich der bisher schädigende Einfluß niederer Temperatur als verzögernder Faktor bemerkbar macht, anzusteigen. Über den Wechsel der Schnelligkeit des Absterbens der Tiere unter dem Einfluß von Fraßgiften vgl. Janisch 1929.

Wie sich aus einem Vergleich mit lang dauernden Fraßversuchen ergibt, war die Giftwirkung oberhalb des als Wendepunkt bezeichneten Temperaturgrades schon zum Stillstand gekommen, so daß sich die restlichen 4—7 % Raupen, wenn sie gefüttert worden wären, vermutlich weiter entwickelt hätten. (Bei den empfindlichen Eiraupen ist die Wirkung des Giftes in kürzerer Zeit abgeschlossen.)

Bemerkenswert ist noch, daß im Giftversuch, obwohl die Tiere nicht gefüttert wurden, der normale Widerstandsbereich zu erkennen ist, während sich im Kontrollversuch der Einfluß der Temperaturunterschiede in einem gleichmäßigen Absinken der Mortalität und in einer annähernd gleichmäßigen Verkürzung der Absterbezeit bemerkbar macht.

Im Gegensatz zu der Einwirkung der Temperatur kann der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Widerstandsfähigkeit der untersuchten Raupen annähernd in einer gerade ansteigenden Linie dargestellt werden, d. h. die Mortalität nimmt ab, je höher die Luftfeuchtigkeit steigt. Die Lebensdauer ist im Bereich hoher Luftfeuchtigkeit am längsten.

Solche Versuche über die Temperatur und Feuchtigkeitsempfindlichkeit bestäubter Nonnenraupen (mit und ohne Futter, im Zeit- und Dauerversuch) wurden bis zum Stadium V, bezw. VI einschließlich durchgeführt; da sich abgesehen von der größeren Widerstandskraft älterer Stadien (vgl. S. 497) kein prinzipieller Unterschied ergab, kann auf die Aufführung dieser Versuche verzichtet werden. Bemerkenswert ist nur, daß der Bereich optimaler Widerstandsfähigkeit sich bei älteren Stadien etwas verbreitert, und zwar hauptsächlich um 4 ° C auf höhere Temperaturstufen zu (also bis 24 ° C) (vgl. S. 498).

2. Feststellung von Empfindlichkeitsunterschieden an Nonnenraupen, Stadium II bis V.

Hier wurde jeweils gleichaltriges Freilandmaterial (vom Forstamt Neustadt bei Koburg) auf Fichtenzweigen verschieden stark bestäubt (einfache Bestäubung: 50 kg pro Hektar, doppelt starke 100 kg usw.) und in Gazezylindern abgeschlossen. Temperatur 20 ° C, relative Luftfeuchtigkeit 75 %. Versuchsdauer 4. Juli bis zum Schlüpfen der Falter (18.—23. Juli 1932). Verwendet wurden stets nur je 10 Raupen, um die Fraßtätigkeit besser verfolgen zu können; zur Erhöhung der Genauigkeit wurden daher 3 Parallelversuche durchgeführt, die indessen ziemlich genaue Übereinstimmung ergaben, so daß hier nur ein Versuch erwähnt werden soll. (Siehe gegenüberstehende Tabelle.)

Durch diesen Versuch soll gezeigt werden, wie stark die Bestäubung sein muß, um bei den verschiedenen Altersstadien bis 100 % Mortalität zu erzielen.[1])

Aus früheren Versuchen ist zu entnehmen, daß für Stadium I der Nonne eine einfache Bestäubung ausreicht zur Erzielung einer annähernd 100prozent. Mortalität; für Stadium II ist eine solche ebenfalls

[1]) Die untere Grenze der Bestäubung wurde in anderen Versuchen ausprobiert; es ergab sich dabei, daß selbst bei jüngsten Stadien eine schwächere Bestäubung als 1 Ztr. pro Hektar oder auch eine Verringerung der Qualität des Giftes nicht in Frage kommt.

Stadium	Bestäubung	Mortalität %	Mittlere Absterbezeit	Maximum	Minimum	Kotstückchen
II	1	100	4,2	7	1	300
II	2	100	1,2	2	1	—
III	1	100	5,0	8	1	547
III	2	100	1,6	4	1	—
IV	1	100	6,0	10	1	690
IV	2	100	2,4	8	1	180
IV	3	100	1,3	8	1	—
V	1	10	6,0	6+	6	827
V	2	80	5,0	10+	1	328
V	3	90	3,2	6+	1	228
V	4	90	2,6	5	1	34

noch genügend, doch erholen sich die Raupen vorübergehend zu neuem Fraß. Das gleiche gilt für Stadium III. Bei einer für die Bekämpfung ungünstigen Wetterlage (18—20 °C, hohe Luftfeuchtigkeit) mag ein geringer Prozentsatz der bestäubten Raupen mit dem Leben davonkommen und es dürfte sich daher, wenn das III. Stadium schon im Freien überwiegt, eine eineinhalbfache (75 kg pro Hektar) Bestäubung empfehlen.

Stadium IV könnte im Laboratorium noch mit einfacher Bestäubung erfaßt werden; aber selbst bei doppelt starker Bestäubung haben hier die Raupen vorübergehend gefressen, und da die Tiere im Wald mit seiner höheren Luftfeuchtigkeit widerstandsfähiger sind als im Laboratorium, ist hier eine eineinhalbfache bis doppelt starke Bestäubung geboten (also 75—100 kg pro Hektar). Bei dreifacher Bestäubung ist die Wirkung unbedingt hundertprozentig, derart stark bestäubte Raupen haben im Laboratorium nicht mehr gefressen.

Bis zum Stadium IV ist eine stetige Steigerung der Widerstandsfähigkeit der Raupen gegen das Kontaktgift zu verzeichnen; gleichwohl starben unter den erwähnten Temperaturfeuchtigkeitsbedingungen noch stets 100 %. Mit dem Stadium V beginnt aber nun eine ganz ungewöhnliche Resistenz, die mit der zunehmenden Größe der Raupen allein nicht zu erklären ist. Die Raupe frißt im letzten Stadium mehr als in allen übrigen zusammen und sammelt Reservestoffe. Wahrscheinlich ist dieses Stadium infolge der größeren zur Verfügung stehenden Energiequellen sehr viel widerstandsfähiger gegen das Gift geworden. [1])

Die einfach bestäubten Raupen des V. Stadiums haben noch stark gefressen; am ersten Tag nach der Bestäubung zeigten sich zwar nur ganz schwache Fraßspuren an dem Futter, dementsprechend wurden nur 25 Kotstückchen gezählt; aber am zweiten Tag waren es schon

[1]) Das V. Stadium ist nach Kalandadze (1928) auch gegen arsenhaltige Fraßgifte besonders widerstandsfähig.

90, am dritten Tag 140, dann nahm die Kotkurve wieder ab, da sich die Tiere verpuppten, am siebenten Tag (letzter Fraßtag) waren nur 22 Kotstückchen zu zählen; nachher waren alle Individuen verpuppt oder wenigstens eingesponnen (vgl. + in der Tabelle). Pro fressende Raupe ergibt sich folgendes Bild: erster Tag nach der Bestäubung 5, zweiter Tag 17, dritter Tag 25, vierter Tag 26, fünfter Tag 25, sechster Tag 23, siebenter Tag 22 Kotstückchen, und zwar gilt das für Raupen, die sich später verpuppten; der Fraß war also erst am dritten Tag nach der Begiftung wieder normal.

Einige Nonnenraupen des V. Stadiums häuteten sich und gingen in das VI. Stadium über; dadurch mag die Wirkung des Giftes abgeschwächt worden sein (vgl. S. 515).

Eine einfache Bestäubung hat gegen das V. Stadium so gut wie gar keinen Erfolg; es starben nur 10 %, die übrigen verpuppten sich und lieferten sämtlich normale Falter (♂ und ♀; über eine Nachwirkung des Giftes beim Spanner in das Puppen- und Falterstadium vgl. S. 521). Bei doppelt starker Bestäubung wird der Nutzeffekt schon um das Achtfache auf 80 % Sterblichkeit erhöht; sie ist also in Anbetracht des großen Fraßschadens des letzten Stadiums und des Erfolges im Vergleich zu einfacher Bestäubung für Stadium V geboten.

Sicherer (90 % Mortalität) wäre eine dreifache Bestäubung, besonders wenn zur Bekämpfungszeit optimale Bedingungen für die Raupen zur Überwindung der Giftwirkung herrschen (18—24 ° C, hohe Luftfeuchtigkeit); eine vierfache Bestäubung, die im Versuch auch noch nicht zu einer 100prozent. Mortalität geführt hat, dürfte wegen zu hoher Kosten nicht in Frage kommen und es muß daher darauf geachtet werden, daß bei Freilandbestäubungen möglicherweise nicht das III. Stadium, auf keinen Fall aber das IV. Stadium überschritten werden.

Bei der Feststellung der Altersunterschiede, was sehr einfach durch Messen der Kopfkapselbreite, oder auch des Kotes geschieht, ist zur Wahl der richtigen Quantität des Giftes darauf zu achten, inwieweit sich die Stadien überkreuzen, und ob hierbei das ältere oder jüngere überwiegt.

3. Weitere physiologische Versuche über die Giftwirkung an Nonnen.

a) Zur Feststellung von regionalen Empfindlichkeitsunterschieden wurden Raupen des zweiten Stadiums an verschiedenen Körperstellen mit Pyrethrum betupft: je 10 am Vorderende, Körpermitte und Hinterende. Die am Vorderende betupften Raupen spuckten sofort, krochen unruhig umher und krümmten sich, bei den anderen trat diese Wirkung erst nach ein bis zwei Minuten ein, um so später, je weiter die begiftete Stelle vom Kopf weg liegt. Nach drei Stunden waren von den am Vorderende betupften Raupen acht tot, die beiden anderen machten nur noch schwach zuckende Bewegungen. Die in der Mitte und am Hinterende betupften Raupen zuckten zu

dieser Zeit noch schwach; nach zwölf Stunden waren sämtliche Versuchstiere tot.

Die am Kopf bestäubten Raupen erwiesen sich demnach am empfindlichsten. Als Fraßgift dürfte Dusturan kaum wirksam sein. Da das Pyrethrum vielmehr ein spezifisches Nervengift ist, spielt vielleicht die Distanz der begifteten Stelle vom Zerebralganglion als dem hauptsächlichsten Erfolgsorgan eine gewisse Rolle. Die histologischen Untersuchungen über diese Frage sind noch nicht abgeschlossen.

b) Zur Prüfung über die Wirkung von feuchtem und trockenem Untergrund auf den Erfolg der Bestäubung (Tau) wurden Fichtenzweige mit 10 daran sitzenden Raupen mit einer Blumenspritze besprengt und gleichmäßig mit einem trockenem Fichtenzweig mit den entsprechenden 10 Raupen bestäubt; in der Wirkung war kein deutlicher Unterschied zu erkennen.

c) Mechanischer Einfluß von Regen auf die Bestäubung. Während bei schlecht haftenden Fraßgiften ein nach der Bestäubung einsetzender Regen den Erfolg vollständig in Frage stellt, muß bei Kontaktgiften nicht unbedingt eine Schädigung der Giftwirkung eintreten. Durch vergleichende Versuche hat sich vielmehr herausgestellt, daß die Raupen, die einige Zeit (etwa 1 bis 2 Stunden) nach der Bestäubung künstlichem Regen ausgesetzt wurden, schneller starben, als unberegnete Raupen. Diese Feststellung stimmt mit meinen Beobachtungen bei Freilandbestäubungen überein, bei denen sogar bei schlecht wirkenden Giften ein etwas besserer Erfolg zu verzeichnen war, wenn stärkerer Dauerregen einsetzte. Allerdings muß hier unterschieden werden zwischen Beobachtungen auf Fangtüchern, auf denen sich der Regen bisweilen sammelt, so daß die teilweise vom Gift gelähmten Tiere ersticken und zwischen Beobachtungen an Tieren auf dem Boden, da hier das Wasser sich nicht so leicht sammelt. Wie Zählungen an geleimten Probestämmen ergaben, war die durch Regen verursachte Sterblichkeit nicht sehr groß, wenn das Gift nicht von sich aus sehr wirksam war. Die bei gutem Gift festgestellte erhöhte Wirksamkeit unter dem Einfluß von nachträglichem Regen ist wohl darauf zurückzuführen, daß durch die Benetzung mit Wasser die Giftkörnchen gleichmäßiger verteilt werden und leichter an die empfindlichen Organe (Nervenendigungen) gelangen.

Es ist also bezüglich des Einflusses der Witterung auf die Giftwirkung zwischen Regenperioden, die der Begiftung vorausgehen (über einen solchen Versuch vgl. S. 501 u. 502) und Regen, der kurz nach der Begiftung einsetzt zu unterscheiden. Im ersten Falle wird durch die hohe Luftfeuchtigkeit das Tier physiologisch widerstandsfähiger gegen das Gift, im zweiten Fall ist eine vorteilhafte mechanische Einwirkung des Regens auf die Giftwirkung zu verzeichnen.

d) Bei einer Untersuchung über die Erholungsfähigkeit normal bestäubter Raupen, die sofort nach der Bestäubung auf frisches Futter gesetzt wurden, ergab sich keine Verringerung der Giftwirkung.

e) Zur Frage, ob Pyrethrum im geschlossenen Gefäß besser wirkt als im offenen, ließ sich ebenfalls kein Unterschied feststellen; solche Verschiedenheiten der Wirkung müßten sich bei Atemgiften ergeben. Um das Pyrethrum auf eventuelle Beimischungen, die als Atemgift wirken könnten, zu untersuchen, legte ich ein mit Pyrethrum gefülltes Leinwandsäckchen in eine geschlossene Petrischale und setzte fünf Nonnenraupen des III. Stadiums dazu. Die Tiere gelangten hier zur Verpuppung und zum Schlüpfen, eine Atemgiftwirkung ließ sich demnach nicht nachweisen. Dagegen muß die Frage offen gelassen werden, ob das Pyrethrum in freier Luft, besonders unter der Einwirkung des Windes nicht schneller verdunstet, als bei Windstille oder besonders im Laboratorium, bezw. im geschlossenen Gefäß.

II. *Lymantria dispar* L., der Schwammspinner.

1. Abhängigkeit der Giftwirkung von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit.

In zwei Versuchen mit je 10 Temperaturstufen (7—37° C, jede Stufe 60 Raupen) wurden Eiraupen, die im Laboratorium gezüchtet worden waren und noch nicht gefressen hatten, einfach (1 Ztr. pro Hektar) auf Weißbuchen bestäubt und bis zum Tode gefüttert; eine besondere Feuchtigkeitsregulation fand hierbei nicht statt, doch darf der Unterschied der Luftfeuchtigkeit in den einzelnen Fächern des Thermostaten nicht unberücksichtigt bleiben, da dieser sehr erheblich groß ist (von 96 % in der kältesten Stufe bis 35 % in der wärmsten; diese Werte sind nicht konstant). Versuchsdauer 6. Juni bis 1. August 1932. Ablesungszeiten zu Beginn des Versuches in Stunden, später in Tagen.

Der Schwammspinner ist kaum empfindlicher als die Nonne. Die Mortalität ist stets 100 %. Bei diesem Versuch nimmt die Luftfeuchtigkeit mit zunehmender Temperatur ab, infolgedessen wirkt sich der auf die Widerstandskraft nachteilige Einfluß geringer Luftfeuchtigkeit dahin aus, daß hier von der niedrigen zur hohen Temperaturstufe die mittlere Absterbezeit gleichmäßiger abnimmt [1]) als in Versuchen mit gleichbleibender Luftfeuchtigkeit, in denen die Absterbezeit im Bereich des vitalen Temperaturoptimums verlängert wird (vgl. Abb. 3). Der Vorteil optimaler Temperatur wird aufgehoben durch den Nachteil geringerer Luftfeuchtigkeit in diesem Temperaturbereich (75 %).

Im Kontrollversuch war die Sterblichkeit (bis nach 25 Tagen) am geringsten bei 20° C mit 50 %, sie stieg auf 65 % bei Stufe 18° C, 75 % bei 14° C, 90 % bei 12° C und 100 % bei 7° C, andererseits auf 80 % bei 24° C, von hier ab auf 100 % bei Stufe 27, 31 und 37° C. Der verhältnismäßig rasche Anstieg der Mortalität von 20° C nach oben zeigt hier deutlich die kombinierte Wirkung einer hohen Temperatur mit geringer Luftfeuchtigkeit.

Im Kontrollversuch waren also die Raupen trotz geringer Luftfeuchtigkeit im Bereich des vitalen Temperaturoptimums deutlich am

---

[1]) Von 2,8 Tage mittlere Absterbezeit bei 7° C bis 0,7 Tage bei 37° C; nur zwischen 18 und 20° C bleibt die Absterbezeit konstant (1,3—1,33 Tage).

lebensfähigsten, während im Giftversuch dieser Bereich bei weitem nicht so klar hervortritt. Im Gegensatz zum Kontrollversuch scheint demnach im Giftversuch die Luftfeuchtigkeit eine größere Rolle zu spielen als die Temperatur. Das würde mit der schon früher erwähnten Tatsache übereinstimmen, daß die Raupen unabhängig vom vitalen Feuchtigkeitsoptimum in Giftversuchen stets bei hoher Luftfeuchtigkeit am widerstandsfähigsten sind, während der Temperaturwiderstandsbereich mit dem vitalen Entwicklungsoptimum zusammenfällt.

2. Schwammspinner, Stadium II, 2. Temperaturfeuchtigkeitsversuch.

Stadium II wurde einfach bestäubt, gefüttert, der Versuch in acht Temperaturstufen mit je drei Feuchtigkeitsstufen (jede mit 30 im Laboratorium gezüchteten Raupen) durchgeführt vom 20. Juli bis 1. August 1932; Ablesungszeiten anfänglich in Stunden, später in Tagen.

Die Mortalität ist auch beim Stadium II des Schwammspinners stets 100prozent. Über die Wirkung im einzelnen gibt die mittlere Absterbezeit in Abh. 3 Aufschluß. Am widerstandsfähigsten waren die Raupen bei 20 °C, während mit steigender Temperatur die Widerstandskraft viel rascher abnimmt als mit fallender. Da es sich um einen länger dauernden Fraßversuch handelt, sind hier die Unterschiede der Absterbezeit in Abhängigkeit von Temperatur und Feuchtigkeit ausgeprägter als in dem S. 499 erwähnten Hungerversuch der Nonne. Ein Wendepunkt, an dem mit dem Einfluß der niedrigeren Temperatur die Giftwirkung vergrößert wird, läßt sich auch beim Schwammspinner feststellen; der Enderfolg wird durch niedrige Temperatur ebensowenig beeinträchtigt wie bei der Nonne.

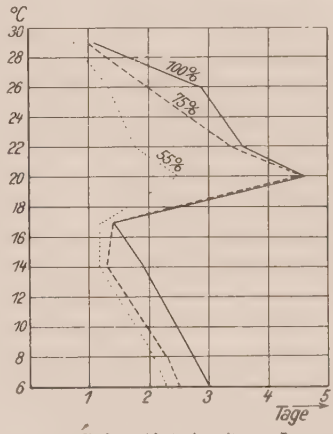


Abb. 3. Mittlere Absterbezeit von *Lymantria dispar*, Stadium II, nach einfacher Bestäubung mit Pyrethrum bei verschiedener rel. Luftfeuchtigkeit (55, 75 und 100%) und Temperatur.

Bezüglich der Einwirkung der Luftfeuchtigkeit ist ein gleichmäßiges Sinken der Absterbezeit mit dem Geringerwerden des Feuchtigkeitsgehaltes verbunden.

3. Einfluß von Regen vor und nach der Begiftung.

a) Regen vor der Bestäubung.

Am 13. Juli 1933 wurden 60 Schwammspinnerraupen, V. Stadium, der Freilandluft ausgesetzt; 30 waren dabei vor Regen geschützt, 30 künstlichem Dauerregen ausgesetzt. Am 20. Juli wurden beide Gruppen gleich stark bestäubt (Dichte 1 Ztr. pro Hektar) und bis zum Tode oder Genesung gleichmäßig im Laboratorium gepflegt.

Durch diesen Versuch sollte geprüft werden, ob das Pyrethrum nach Regenperioden schlechter wirkt als in Trockenperioden, da sich

durch mehrwöchentliche Freilandbeobachtungen herausgestellt hatte, daß ein Pyrethrumkontaktgift, das bei trockenem Wetter noch wirksam war, bei den abnormen Witterungsverhältnissen, wie sie in diesem Jahre zur Nonnenbekämpfungszeit in der Oberpfalz herrschten (fast 6 Wochen ununterbrochen Regen) versagte.

Die Schwammspinner hatten unter dem Einfluß des Dauerregens starke physiologische Veränderungen erfahren. Hierüber und über Veränderungen des pH unter der Einwirkung des Regens und den Einfluß der Dissoziation des Körpersaftes auf die Giftwirkung siehe S. 520.

Entsprechend den physiologischen Veränderungen war auch die Giftwirkung bei Regen- und Trockenraupen sehr verschieden, und zwar waren die Regenraupen in Übereinstimmung mit den Beobachtungen aus dem Freiland sehr viel widerstandsfähiger. Von 10 begifteten Regenraupen starben nur 3, davon zwei erst während der Verpuppung (11 Tage nach der Begiftung), die andere am vierten Tage. Die gleichaltrigen Trockenraupen starben bis auf zwei: am 3. Tage nach der Begiftung 2, am vierten Tag 3, am fünften Tag 2, am achten Tag 1. Von den Trockenraupen wurden nach der Begiftung noch zusammen 135 Kotstückchen abgegeben, von den Regenraupen 246. Ähnliche Ergebnisse lieferten die zwei Parallelversuche.

Auch mit Nonnenraupen wurden die gleichen Versuchsserien angestellt, mit demselben Erfolg, so daß sie nicht näher berichtet werden sollen.

b) Regen nach der Begiftung.

Ein Versuch mit Schwammspinnerraupen, die nach der Bestäubung einige Zeit künstlichem Dauerregen ausgesetzt wurden, verlief wie der S. 499 von den Nonnenraupen berichtete Versuch. Regen, der einige Zeit nach der Begiftung eintritt, erweist sich als vorteilhaft für die Giftwirkung, im Gegensatz zu dem nachteiligen Einfluß feuchter Witterungsperioden vor der Begiftung.

III. *Euproctis chrysorrhoea* L., der Goldafter.

Feststellung der Empfindlichkeit im Vergleich zur Nonne.

Freilandraupen des letzten Stadiums wurden vergleichsweise mit Nonnen gleichen Stadiums einfach und doppelt stark bestäubt zur Feststellung von Empfindlichkeitsunterschieden. Die Versuche wurden bei 20° C und bei 70% Luftfeuchtigkeit in Gazezylindern durchgeführt; die Tiere wurden gefüttert.

Euproctis erwies sich als weniger widerstandsfähig im Vergleich zur Nonne (die Raupe ist kleiner), doch ist auch bei dieser Art eine einfache Bestäubung für das letzte Stadium nicht ausreichend. Etwa 40% der Raupen haben nach kurzer Unterbrechung weiter gefressen, sich verpuppt und normale Falter geliefert. Eine doppelt starke Bestäubung ist jedoch für *Euproctis* ausreichend. Eingehende Versuche über die Nonne siehe S. 494 ff.

IV. *Dendrolimus pini* L., der Kiefernspinner.

1. Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit.

Bei einem Versuch zur Prüfung der Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Giftwirkung mit dem Stadium IV des Kiefernspinners ergaben sich ähnliche Widerstandsbereiche wie bei der Nonne im I. Stadium; aus Raumersparnis soll hierauf nicht näher eingegangen werden.

2. Abhängigkeit der Giftwirkung von der Fraßintensität.

Aus verschiedenen Versuchen, in denen die Raupen 2 Wochen lang gut, schwach und sehr schwach gefüttert und dann gleichmäßig bestäubt wurden, stellte sich heraus, daß die gut gefütterten die Giftwirkung am leichtesten überstanden und die Raupen um so empfindlicher gegen das Kontaktgift waren, je weniger sie vor der Bestäubung gefressen hatten. Auch im Freiland wechseln, durch Witterungsverhältnisse beeinflußt, Perioden starken und schwachen Fraßes ab. Die bessere Wirkung des Kontaktgiftes in schwachen Fraßperioden ist deshalb besonders bemerkenswert, weil die bisher gebräuchlichen Fraßgifte als solche bei größerer Fraßintensität der Raupen am besten wirkten. Besonders eindeutig zeigt sich der Einfluß des Fraßes bei Kiefernspinnerraupen nach der Überwinterung; Raupen, die schon drei Tage gefressen hatten, starben erst nach 7 Tagen, während die Raupen, die nach der Überwinterung noch keine Nahrung zu sich genommen hatten, schon nach durchschnittlich 2,4 Tagen der Giftwirkung erlegen waren.

V. *Bupalus piniarius* L., der Kiefernspanner.

Beim Kiefernspanner wurden neben Mortalität und mittlere Lebensdauer der Raupen verschiedener Stadien auch die Nachwirkung des Giftes in das Puppen- und Falterstadium ermittelt, letzteres an Stadien kurz nach der Häutung, 8 Tage nach der Häutung, schließlich an Raupen, die bereits nicht mehr fraßen und sich im Freien in die Spreu zur Verpuppung begeben hätten (etwa 2 Tage nach Einstellung des Fraßes.[1]) Der Unterschied in der Giftwirkung an fressenden Raupen (Fraßraupen) und Raupen, die nicht mehr fraßen (Puppenraupen) war sehr groß. Besonders aufschlußreich waren Kotsammlungen, die auch für den normalen Lebenslauf interessante Ergebnisse über die Abhängigkeit von Fraßintensität und Fraßmenge, bezw. Fraßdauer von den verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsstufen ergaben.

---

[1]) Diese Altersstufe würde allerdings für eine Bestäubung praktisch nicht mehr in Frage kommen.

1. Temperaturfeuchtigkeitsversuch von Stadium III des Kiefernspanners.

Freilandraupen wurden in einem Serienversuch (je 30 Raupen in 5 Temperaturstufen von 5—34° C und 4 Luftfeuchtigkeitsstufen von 35 bis annähernd 100 % einfach bestäubt. Die Raupen wurden gefüttert; Versuchsdauer vom 3. bis 15. Oktober 1932. Ablesungszeit in Tagen.

In der hohen Feuchtigkeitsstufe (annähernd 100 %) starben in dem Temperaturbereich von 5—22° C 93—96 %, bei hoher Temperatur 100 %. Bei 75 % relativer Luftfeuchtigkeit starben in der Temperaturstufe 21° C 96 %, sonst stets 100 %. Bei 55 und 35 % Luftfeuchtigkeit starben in allen Temperaturstufen 100 %. Auch der Kiefernspanner ist demnach gegen das Gift bei hoher Luftfeuchtigkeit am widerstandsfähigsten. Der optimale Temperaturwiderstandsbereich liegt für Stadium III bei 20—21° C. In der Absterbezeit zeigt sich ebenfalls der größere Widerstand bei hoher Luftfeuchtigkeit und in den gleichen oben erwähnten Temperaturstufen. Wie bei früheren Versuchen mit anderen Arten ist auch beim Kiefernspanner ein Umkehrpunkt der Absterbezeit zwischen dem optimalen Temperaturwiderstandsbereich und extrem niedrigen Temperaturen festzustellen (bei etwa 12° C zeigt die Absterbezeit wieder an).

Bei einigermaßen günstigem Bekämpfungswetter dürfte auch im Freiland eine einfache Bestäubung einen annähernd 100prozent. Erfolg haben.

2. Einfluß der Temperatur und Feuchtigkeit beim letzten Stadium kurz nach der Häutung und Nachwirkung des Giftes in das Puppen- und Falterstadium.

Freilandraupen (Forstamt Fischbach) wurden nach der letzten Häutung in Serienversuchen in den bisher gebräuchlichen Temperaturfeuchtigkeitsstufen einfach bestäubt und bis zum Tod, bezw. bis zur Verpuppung gefüttert. Versuchsdauer 25. Oktober 1932 bis 1. März 1933 (bis zum Schlüpfen der letzten Falter). Nach der Verpuppung, bezw. dem Tod der letzten Raupe wurde der Versuch in den Temperaturstufen abgebrochen und 10 Tage der Zimmertemperatur ausgesetzt (17—21° C); hernach wurde die ganze Serie gleichmäßig auf eine Luftfeuchtigkeit von 96 % und eine Temperatur von 18—24° C gebracht, um möglichst bald zu einem Ergebnis über eine eventuelle Nachwirkung des Giftes zu gelangen. Die Falter und gleichzeitig mit ihnen Tachinen schlüpften Mitte Januar bis Ende Februar.

a) Mortalität der Raupen.

Das letzte Stadium des Kiefernspanners ist beträchtlich widerstandsfähiger als das III. Stadium. Der Spanner ist zwar infolge seiner morphologischen und physiologischen Struktur (Fehlen der Haare, Ausbildung der Kutikula, niedriger pH-Wert, näheres hierüber in einer anderen Arbeit) empfindlicher als z. B. die Nonne,[1]) aber auch beim

[1]) Wenn man die letzten Stadien der beiden Arten gegenüberstellen darf, so sind bei einfacher Bestäubung beim Spanner etwa 6mal soviel Raupen gestorben als bei der Nonne.

Spanner war in dieser Altersstufe nur bei extrem nachteiligen Temperaturfeuchtigkeitsbedingungen eine 100prozent. Mortalität der Raupen zu erreichen.

Im einzelnen gibt Abb. 4 Aufschluß. Beim letzten Stadium des Spanners liegt sowohl im Gift- wie im Kontrollversuch das Optimum der Überlebensmöglichkeit bei 16—17 ° C, also niedriger als beim Stadium III (20—21 ° C). Extrem niedrige Temperatur hat eine hohe Mortalität zur Folge, jedoch wird die Lebensdauer nicht unbeträchtlich verlängert, in gleicher Weise wird aber auch die Verpuppung verzögert, in Übereinstimmung mit dem Kontrollversuch, z. B. im Giftversuch: mittlere Absterbezeit bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit in Stufe 5 ° C 17,2 Tage, Maximum 36, Zeit bis zur Verpuppung: Min. 23, Max. 41 Tage, die entsprechenden Zahlen bei 9—12 ° C: 10,9, 21, 14, 32; bei 16 bis 17 ° C: 2,8, 4, 4, 10; bei 23 bis 25 ° C: 3,8, 9, 3, 8; bei 34 bis 37 ° C: 2,9, 5, —, —. Diese Werte verringern sich erheblich bei niedrigeren Feuchtigkeitsstufen, z. B. beträgt bei 35 % relativer Luftfeuchtigkeit die Absterbezeit in Temperaturstufe 5 ° C 7,5 Tage, im Vergleich zu 17,2 Tagen bei 100 % relativer Luftfeuchtigkeit.

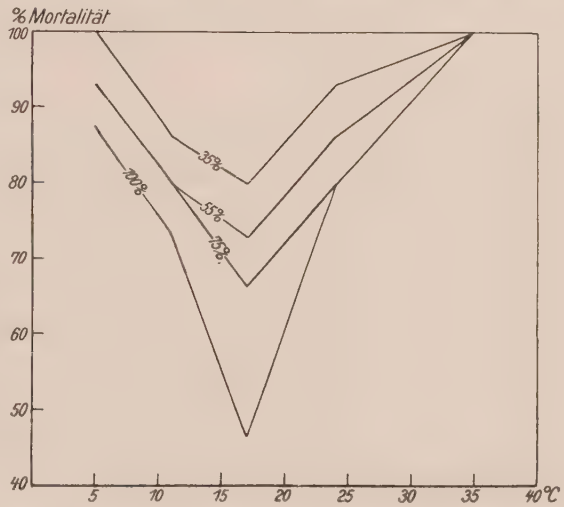


Abb. 4. Mortalität der Raupen des Kiefernspanners, letztes Stadium, nach einfacher Bestäubung bei verschiedener rel. Luftfeuchtigkeit (35, 55, 75 und 100 %) und Temperatur.

Im Gift- und Kontrollversuch stellte sich auch die höchste Überlebensmöglichkeit bei hohen Feuchtigkeitsstufen heraus. (Eine Zwischenstufe zwischen 100 % und 75 % wurde nicht untersucht, es besteht daher die Möglichkeit, daß das vitale Feuchtigkeitsoptimum nicht bei 100 %, sondern darunter über 75 % liegt.) Mit zunehmender Trockenheit zeigte sich ein Ansteigen der Sterblichkeit und eine Verringerung der mittleren Absterbezeit.

b) Mortalität der Puppen.

Bei der Nonne war keine Nachwirkung des Giftes in das Puppen- und Falterstadium festzustellen; beim Spanner dagegen lieferte ein nicht unbedeutender Prozentsatz nur krüppelhafte Puppen (vgl. Abb. 10

S. 521), außerdem befanden sich unter den Puppen viele unter der Durchschnittsgröße der Puppen des Kontrollversuches; der Unterschied betrug 50—60 %. Im Kontrollversuch waren Krüppelformen sehr selten.

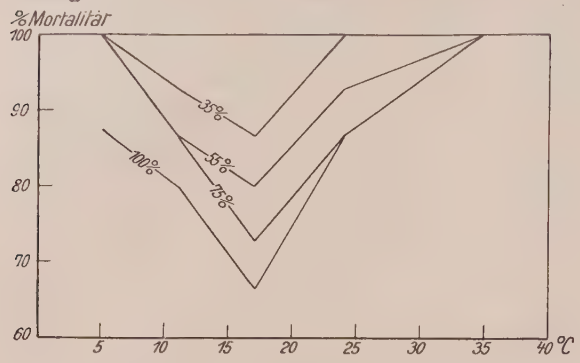


Abb. 5. Gesamtmortalität des Kiefernspanners bei einfacher Bestäubung 10 Tage nach der Verpuppung der letzten Raupe bei verschiedener rel. Luftfeuchtigkeit (35, 55, 75 und 100 %) und Temperatur.

Sämtliche Krüppelformen starben kurz nach der Verpuppung (binnen 3—10 Tagen). Die Durchschnittsmortalität der Puppen in der Zeit 10 Tagen, binnen derer sie gleichmäßig außerhalb des Thermostaten der Zimmertemperatur ausgesetzt wurden, war im Giftversuch viel größer als im Kontrollversuch. [1]) Die relative hohe Sterblichkeit der Puppen im Giftversuch dürfte auf eine Nachwirkung des Pyrethrums zurückzuführen sein.

In Abb. 5 ist die Gesamtmortalität, 10 Tage nach der Verpuppung der letzten Raupe (also die Mortalität der Raupen zusammen mit der Mortalität der Krüppelpuppen und besonders kleinen Puppen) dargestellt. Ein Vergleich mit Abb. 4, die nur die Mortalität der Raupen betrifft, läßt sehr deutlich die Nachwirkung des Giftes in das frühe Puppenstadium erkennen.

In der Zeit 10 Tage nach der Verpuppung bis zum Schlüpfen (hier waren alle Puppen gleichmäßig 96 % relativer Luftfeuchtigkeit und 18—24 ° C ausgesetzt) war wieder die Puppensterblichkeit im Giftversuch sehr erheblich, obwohl die Puppen äußerlich normal aussahen. Bezogen auf die zuletzt gezählte Puppenpopulation (Rest 10 Tage nach der Verpuppung), starben durchschnittlich 50—100 %, im Kontrollversuch dagegen meist 0 %, nur Puppen, deren Raupenstadium sich bei extrem ungünstigen Temperaturfeuchtigkeitsbedingungen verpuppt

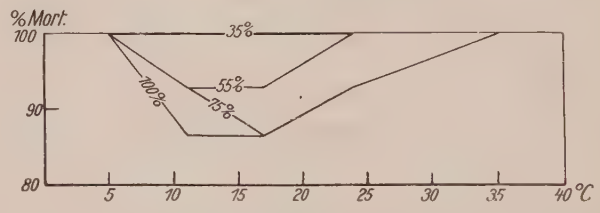


Abb. 6. Endmortalität des Kiefernspanners nach einfacher Bestäubung bis zum Schlüpfen der Falter, bezogen auf die Anfangspopulation der vergifteten Raupen.

[1]) Durchschnittlich 25—35 %, bei Puppen, die aus besonders ungünstigen Temperaturfeuchtigkeitskombinationen stammen, 50—100 %. Im Kontrollversuch dagegen 0—15 %, Puppen aus sehr ungünstigen Temperaturfeuchtigkeitsbereichen einmal 50 %, sonst 0—25 %, stets auf die Ausgangszahl der Puppen bezogen.

hatte, je einmal 12,25 % und 100 %; auch im Giftversuch war die Puppensterblichkeit in denselben Stufen besonders hoch, soweit bisher noch welche übrig geblieben waren.

Abb. 6 stellt die Endpopulation dar. Die Prozentzahlen beziehen sich auf die Ausgangsdichte der Raupen.

Im Kontrollversuch waren bis zum Schluß durchschnittlich 20 bis 30 % Individuen gestorben, von besonders ungünstigen Temperatur-Feuchtigkeitsstufen abgesehen (hier 50—100 %). Der Erfolg im Giftversuch ist also schließlich, bezogen auf die Endmortalität des Kontrollversuches, auch für das letzte Raupenstadium des Spanners bei einfacher Bestäubung ein etwa 70—80prozentiger.

c) Nachwirkung des Giftes in das Falterstadium.

Geschlechterverhältnis.

Auffallend ist, daß sämtliche geschlüpften Falter des Giftversuches weiblichen Geschlechtes waren. Im Kontrollversuch überwogen im ganzen betrachtet zwar auch die Weibchen [1]) in dem Verhältnis 3 zu 1, vgl. Anmerkung unten, aber in einem weiteren Kontrollversuch mit Raupen derselben Sendung, die sich jedoch bei Zimmertemperatur und -luftfeuchtigkeit verpuppten und auch schlüpften, zeigte sich das Verhältnis 2 zu 1. Es mag vielleicht sein, daß die Männchenraupen zur Zeit des Versuchsbeginns im Freien sich schon zum großen Teil verpuppt hatten, aber immerhin ist das alleinige Schlüpfen von Weibchen in dem Giftversuch doch auffallend, ebenso das fast völlige Fehlen von Männchen im Kontrollversuch bei ungünstigen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen. Man kann vielleicht den Schluß ziehen, daß die Weibchen-Individuen nicht nur gegen gewisse Witterungsverhältnisse (vgl. Zwölfer 1933), sondern auch gegen die Giftwirkung widerstandsfähiger sind (vgl. S. 519 f. Ursache).

Für den Enderfolg der Bestäubung ist dieses einseitige Überleben der Weibchen auch von großer Bedeutung, da diese unbegattet bleiben.

Eizahl.

Vergleichen wir die Eizahl der Falter aus dem Gift- und Kontrollversuch, so ergibt sich auch hier ein erheblicher Unterschied. Im Kontrollversuch betrug die durchschnittliche Eizahl von Faltern, deren Raupenstadium sich bei 5 ° C verpuppt hatten etwa 30 Eier [2]), bei 16 bis 17 ° C 90—100 Eier; im Giftversuch bei 9—12 ° C durchschnittlich 10 Eier, einmal 30, bei 16—17 ° C 40—80 Eier, bei 23—25 ° C 20 bis

[1]) In den trockenen Stufen mit ungünstigen Temperaturverhältnissen, in denen auch im Kontrollversuch eine relativ hohe Sterblichkeit festzustellen war, schlüpften fast ausschließlich Weibchen, in den optimalen Stufen dagegen war das Verhältnis Weibchen zu Männchen wie 2 zu 1.

[2]) Die Eier wurden an vollgereiften Weibchen nach deren Tod ausgezählt, unentwickelte Eier fanden keine Berücksichtigung.

30 Eier; zu der letzten Stufe steht kein eigentlicher Kontrollversuch zur Verfügung. Falter, die sich im Zimmer bei 16—24 °C entwickelt hatten, enthielten bis 130 Eier. Für die Bekämpfung des Schädlings ist die Reduktion der Eizahl als Folge der Vergiftung sehr wertvoll.

Zur Eiablage kam es nur vereinzelt in geringerer Zahl in einigen Kontrollversuchen. Auf eine Untersuchung der Eientwicklung muß daher verzichtet werden.

Die Zeit des Schlüpfens begifteter Individuen und solcher aus dem Kontrollversuch war gleich (vgl. Arsenvergiftung, Kalandadze 1928).

3. Einfluß der Temperatur und Luftfeuchtigkeit beim Kiefernspanner 8 Tage nach der letzten Häutung und kurz vor der Verpuppung und Nachwirkung des Giftes in das Puppen- und Falterstadium.

10 Fraßraupen (Erklärung s. S. 503) wurden in dem bisher üblichen Serienversuch 8 Tage nach der letzten Häutung zusammen mit 10 Puppenraupen derselben Herkunft (Forstamtsaußenstelle Reislerforsthaus, Ludwigswinkel) einfach bestäubt; letztere hatten die Fraßtätigkeit seit etwa 2 Tagen eingestellt und standen bereits vor der Verpuppung. Die Fraßraupen wurden bis zur Verpuppung, bezw. Tod, gefüttert. Versuchsdauer 2. November bis 1. März. Im übrigen wie bei der letzten Serie.

Der Versuch soll nicht im einzelnen geschildert, sondern nur das Wesentliche im Vergleich zur letzten Serie hervorgehoben werden.

a) Mortalität der Raupen.

Ein merklicher Unterschied in der Reaktionsweise 8 Tage älterer Raupen gegenüber der Vergleichsserie ist nicht festzustellen. Eine kürzere Zeit bis zur Verpuppung sowie etwas längere mittlere Absterbezeit sind durch die Altersunterschiede der Raupen bedingt und auf die Mortalität ohne Einfluß geblieben.

Indessen ist der Unterschied der Giftwirkung zwischen den Puppen- und Fraßraupen des Versuches sehr groß, obwohl das Alter der Tiere selbst wieder nur um 8 Tage differiert. In den zur Widerstandsfähigkeit optimalen Temperatur-Feuchtigkeitsbedingungen war zunächst überhaupt keine Wirkung festzustellen, wenn man die Mortalität des Gift- und Kontrollversuches vergleicht. Nur in den Stufen mit trockener Luft ist eine höhere Sterblichkeit zu verzeichnen, doch bleibt diese auch hier hinter der Sterblichkeit des Fraßraupenversuches zurück.

b) Mortalität der Puppen.

Eine Tabelle über den Verlauf der Mortalität, wie sie im vorigen Versuch geschildert wurde, steht in der Bibliothek des Instituts für angewandte Zoologie München zur Verfügung, ebenso zu den anderen Versuchen. Aus Raumersparnis kann hier nicht weiter darauf eingegangen werden. Als Endresultat ergibt sich, daß die Mortalität in der Zeit von der Verpuppung bis zum Schlüpfen bei den aus den

Puppenraupen hervorgegangenen Puppen so groß war, daß zuletzt, bezogen auf die Anfangspopulation, die gleiche Sterblichkeit erreicht wurde, wie bei den Fraßraupen in dem früher geschilderten Serienversuch. Von den Fraßraupen waren sehr viele schon im Raupenstadium der Giftwirkung erlegen, während von den Puppenraupen der Hauptteil erst nach der Verpuppung starb. Man kann wohl annehmen, daß das Gift bei den Fraßraupen die Verpuppung (vgl. Krüppelformen der Puppen) hemmte, die Puppenraupen dagegen schon so weit in ihrer Entwicklung fortgeschritten waren, daß die Verpuppung vielfach nicht mehr aufgehalten werden konnte und infolgedessen der Tod bei den meisten erst nach der Verpuppung eintrat.

c) Nachwirkung des Giftes in das Falterstadium.

Die Wirkung des Giftes, besonders auch der Einfluß hoher und niederer Temperatur und Luftfeuchtigkeit war hier bei den meisten Individuen nicht so groß wie bei dem früheren Versuch; das mag darin seine Ursache haben, daß die Raupen hier nicht so lange dem Einfluß dieser Faktoren ausgesetzt waren. Immerhin ist eine Zunahme der Eizahl in der optimalen Temperatur noch erkenntlich, ebenso eine durchschnittliche Abnahme der Eizahl bei trockener Luft. Im Kontrollversuch betrug die durchschnittliche Eizahl bei 5 ° C bis 65, bei 16 bis 17 ° C 60—150 (wobei das Mittel bei 120 liegt). Im Giftversuch bei 9—12 ° C 40—90, bei 16—17 ° C 60—90, bei 23—25 ° C bis 50 Eier. Auch in diesem Versuch waren eine Anzahl Tachinen geschlüpft, die wie im vorhergehenden Versuch bewertet wurden.

4. Fraßintensität und Fraßmenge pyrethrumbegifteter Kiefernspanner unter der Einwirkung verschiedener Temperatur und Luftfeuchtigkeit

Im Zusammenhang mit der Frage der Abhängigkeit der Giftwirkung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit hat sich auch eine weitgehende Abhängigkeit der Wirkung des Pyrethrums von der Fraßintensität herausgestellt. Die Nahrungsaufnahme ist nicht nur bei der Verwendung von Fraßgiften, sondern auch bei Kontaktgiften von überragender Bedeutung, da der physiologische Zustand der Raupen durch den Wechsel intensiver und schwacher Nahrungsaufnahme sehr maßgebend beeinflußt wird. Schon beim Kiefernspinner (S. 503) wurde der Einfluß verschieden starker Fraßperioden unter gleichbleibenden Temperatur-Feuchtigkeitsverhältnissen erwähnt, S. 497 wurde die Fraßintensität der Nonne als Kriterium der Giftwirkung benutzt.

Der Einfluß der Temperatur auf die Giftwirkung wurde sowohl im Hunger- wie im Fraßversuch festgelegt; es ergab sich hierbei bei Nonnenraupen kein prinzipieller Unterschied (vgl. S. 494 ff.); die Raupen waren also in denselben Temperatur-Feuchtigkeitsstufen gleich widerstandsfähig gegen das Gift, ob sie nun hungerten oder fraßen. Damit ist der Einfluß der Temperatur (und auch der Feuchtigkeit) auf die Giftwirkung eindeutig festgelegt; andrerseits hat sich an *Dendrolimus*

herausgestellt, daß die Tiere in Hungerperioden viel hinfälliger gegen das Gift sind als in normalen Fraßperioden (im Gegensatz zu Fraßgiften). [1])

Es steht daher zu vermuten, daß die Perioden starken, bezw. normalen Fraßes mit den Temperatur-Feuchtigkeitsbereichen, in denen die Giftwirkung am leichtesten überwunden wird, sich decken. Durch eingehende Serienversuche an vergifteten und unvergifteten Kiefernspannern und anderen Arten, über die in einem größeren Zusammenhange an anderer Stelle berichtet werden wird, hat sich herausgestellt, daß bezüglich der Temperatur sich die optimalen Fraßentwicklungs- und -widerstandsbereiche ungefähr decken. Über den Verlauf der Fraßintensität (die von einer Raupe in einem Tag aufgenommene Nahrungsmenge, ausgedrückt im Kotgewicht) in Abhängigkeit der verschiedenen

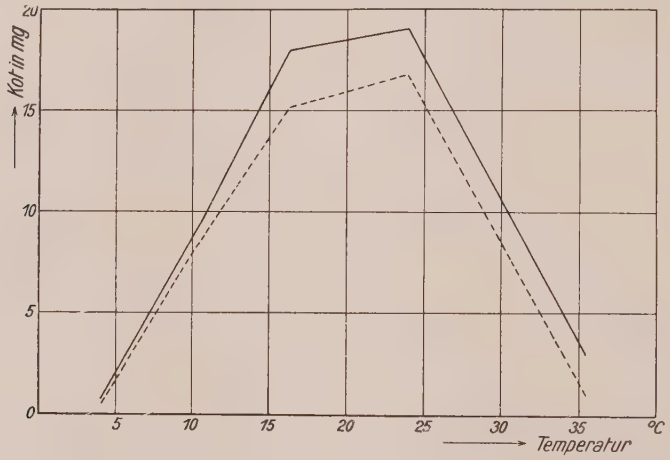


Abb. 7. Fraßintensität des Kiefernspanners, letztes Stadium, nach einfacher Bestäubung in Abhängigkeit verschiedener Temperatur (unterbrochene Linie: Raupen kurz nach der Häutung; ausgezogene Linie: acht Tage ältere Raupen).

Temperaturstufen gibt Abb. 7 Aufschluß. Im genaueren bewirkt eine etwa um 6 ° C über dem vitalen Optimum erhöhte Temperatur auch eine Erhöhung der Fraßtätigkeit, ohne daß jedoch die Giftwirkung hier leichter überwunden wird; der die Giftwirkung beschleunigende Einfluß erhöhter Temperatur macht sich hier bereits bemerkbar.

In dem Bereich von 16—24 ° C, in dem die Giftwirkung am leichtesten überwunden wird, haben die überlebenden Raupen normal gefressen, wie im Kontrollversuch, teilweise sogar etwas darüber (vielleicht zum Ausgleich der Giftwirkung). Bei niedrigerer Temperatur, schon bei 9—12 ° C hat die Fraßtätigkeit gegenüber dem Kontrollversuch nachgelassen (9,5 mg zu 12—13 mg, vgl. Abb. 7), hier ist auch schon die Mortalität viel höher (vgl. Abb. 4). Noch deutlicher ist die

[1]) Der pH-Wert von Fraß- zu Hungerraupen wird in der gleichen Richtung verändert, wie sich ein artspezifischer Unterschied ergibt von widerstandsfähigen behaarten Raupen zu empfindlichen Nacktraupen.

Giftwirkung bei 5 ° C, in diesem Temperaturbereich hat die Fraßtätigkeit im Giftversuch praktisch aufgehört, während im Kontrollversuch die tägliche Fraßmenge pro Raupe noch 9 mg betrug. Eine von einer derart niedrigen Temperatur hervorgerufene Verringerung der Fraßtätigkeit konnte im Kontrollversuch annähernd ausgeglichen werden durch eine längere Fraßdauer und durch die Aufnahme größerer Gesamtfuttermengen, kommt aber zu dem Nachteil der durch Temperatureinflüsse bewirkten Herabsetzung der Fraßtätigkeit und der gesamten Lebensfunktion noch die Einwirkung des Giftes hinzu, dann reicht die Widerstandskraft des Tieres nicht mehr aus, die Fraßtätigkeit wird schließlich ganz eingestellt und der Erfolg der Bekämpfung ist ein 100prozentiger, wenn auch die niedrige Temperatur verzögernd auf den Eintritt des Todes wirkt.

Die Wiederaufnahme des Fraßes nach der Begiftung ging in den einzelnen Temperaturstufen verschieden rasch vor sich; am frühesten erholten sich die Raupen bei 16—24 ° C, sie fraßen hier meist schon am ersten Tag nach der Bestäubung wieder normal, soweit sie genesungsfähig waren. Bei hoher Temperatur (34—37 ° C) war die Giftwirkung meist in kürzester Zeit tödlich, etwaige Kotabgabe ist in der Hauptsache auf Nahrungsaufnahme vor der Vergiftung zurückzuführen. Bei der Temperatur 9—12 ° C dauerte es 2 Tage bis zur Wiederaufnahme der Fraßtätigkeit, bei 5 ° C kommt es überhaupt nicht mehr zu einem Normalfraß, die Tiere gehen langsam zugrunde.

VI. *Nematus laricis* Htg., die kleine Lärchenblattwespe.

Giftwirkung unter dem Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit.

Bestäubt wurden Freilandlarven des letzten Stadiums auf Futter (die Tiere haben aber nicht mehr gefressen) bei 90 % relativer Luftfeuchtigkeit und 20 und 7,5 ° C. Versuchsdauer 18.—22. Juli 1932.

Es zeigte sich auch bei dieser Art wieder eine längere Lebensdauer nach der Bestäubung bei niedriger Temperatur, zugleich auch eine höhere Mortalität. (Bei 7,5 ° C mittl. Absterbezeit: 2,4 Tage, Mortalität 80 %; bei 20 ° C mittl. Absterbezeit 1,5 Tage, Mortalität 100 %.) Es ist zweifelhaft, ob bei längerer Versuchsdauer die wenigen, in Temperaturstufe 7,5 ° C übrig gebliebenen Larven die Giftwirkung endgültig überwunden hätten. Im Kontrollversuch starb keine Larve.

Bemerkenswert ist, daß auch bei diesen Blattwespenlarven (auch bei *Lophyrus*), wie bei Nonne, Schwammspinner und Kiefernspinner, neben heftigem Krümmen und Spucken auch ein Austreten des Enddarmes zu beobachten war.

VII. *Lophyrus pini* L., die Kiefernbuschhornblattwespe.

Giftwirkung unter dem Einfluß verschiedener Temperatur und Luftfeuchtigkeit.

Freilandmaterial des Einspannstadiums (vgl. Eliescu 1932) wurden einfach in 6 Temperatur- (4—34 ° C) und je 3 Feuchtigkeitsstufen (55—100 %) bestäubt. Versuchsdauer vom 14. Oktober bis zum Tod oder Einspinnen.

Das Einspinnstadium von *Lophyrus pini,* das keine Nahrung mehr zu sich nimmt (vgl. Eliescu 1932), ist in dem optimalen Temperaturbereich bei 20 ° C widerstandsfähiger als bei tieferer oder höherer Temperatur. Tiefere Temperatur wirkt dabei lebensverlängernd (von 3,46 Tage bei 15 ° C bis 6,41 Tage bei 4 ° C) bei vergifteten Larven. Die Unterschiede der Reaktion bei verschiedener Luftfeuchtigkeit sind hier nicht sehr groß, doch läßt sich noch deutlich eine größere Widerstandsfähigkeit bei hoher Luftfeuchtigkeit erkennen. Einfache Bestäubung hat in allen Fällen zur Erreichung einer 100prozent. Mortalität genügt. Nach den Ergebnissen aus dem Kontrollversuche scheint das vitale Optimum des Einspinnstadiums um 20 ° C und bei einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 75 und 100 % zu liegen.

C. Allgemeiner Teil. Physiologie der Giftwirkung.

I. Reizerscheinungen nach der Bestäubung.

Die Reizerscheinungen nach der Bestäubung mit Pyrethrum sind die eines typischen Nerven-Muskelgiftes. Bisherige histologische Untersuchungen pyrethrumvergifteter Tiere haben strukturliche Veränderungen der Nervenganglien, zum Teil auch der Muskel- und Hypodermiszellen ergeben (vgl. Freytaud 1924, Chevalier und Ripert 1927, Krüger 1931, Weiß 1931, Wilkoxon und Hartzell 1933; über die Wirkung des Forestit als Hautnervengift siehe Escherich 1931 b). Ich hoffe demnächst über histologische Untersuchungen an pyrethrumvergifteten Raupen berichten zu können.

Pyrethrum wirkt nicht als Ätzgift, Verbrennungserscheinungen der Epidermis waren nicht zu beobachten. Wilkoxon und Hartzell haben festgestellt (an Larven von *Tenebrio molitor*), daß das Gift nicht durch die Tracheen in den Körper gelangen muß, sondern daß die Hypodermiszellen auch abseits der Tracheen Veränderungen aufweisen. Besonders empfindlich sollen die feinen Nervenendigungen sein.

Die nun im folgenden geschilderten Reizerscheinungen beziehen sich auf Stadium III der Nonne nach einer Bestäubungsdichte von etwa 1 Ztr. pro Hektar, durchgeführt bei Zimmertemperatur und -luftfeuchtigkeit (20 ° C und 75 % relative Luftfeuchtigkeit). Die Inkubations- oder Latenzzeit, also die Zeit vom Auftreten des Giftes bis zum Auftreten der ersten sichtbaren Störungen beträgt 1—5 Minuten. Während der Bestäubung selbst ist noch keine Wirkung festzustellen, die Raupen fressen sogar mitunter während der Bestäubung. Kurze Zeit darauf verhalten sie sich meist ganz starr, erst nach Ablauf der Latenzzeit kriechen sie plötzlich unruhig umher, zum Teil sogar rückwärts, lassen sich dann von den Zweigen fallen. Eine Minute nach Beginn der Störungen (Ausbrechzeit) erfolgt heftiges Spucken (Extitationsstadium, Intensität des Spuckens u. a. abhängig von der zuvor aufgenommenen

Nahrungsmenge). Anschließend schlagen die Raupen sehr heftig den Kopf nach den Seiten, Vorder- und Hinterende der Raupen, manchmal beide zugleich, krümmen sich, wie sonst nur bei Spannern zu beobachten ist. Beim Kiefernspinner war mir in diesem Stadium besonders aufgefallen ein schlangenähnliches Zusammenrollen und Aufwinden des Körpers. Nach 10—15 Minuten fallen die Raupen auf den Rücken und wälzen sich fast ununterbrochen.

Eine Stunde etwa nach Beginn der Ausbrechzeit werden die Bewegungen allmählich schwächer, die Raupen liegen vielfach auf der Seite und es sind an ihnen nur noch krampfartige Zuckungen in der Längsrichtung des Körpers wahrzunehmen. (An Bienen beobachtete ich in diesem Stadium, welches hier erst nach einigen Stunden eintritt, ununterbrochenes schnelles Zucken der Extremitäten, vergleichbar einem Muskelkrampf.)

Nach 12 Stunden bis einigen Tagen reagieren die vergifteten Tiere nur noch auf sehr starke Berührungsreize (etwa mit einer heißen Pinzette) durch ganz schwaches Zucken der Extremitäten, allmählich werden die Raupen vollständig starr. (Setzt man starre Raupen der grellen Sonnenbestrahlung aus, so werden sie wieder lebendiger, es kommt sogar mitunter noch zu langsamen Kriechversuchen.)

Nicht selten tritt bei Nonnen (auch bei Schwammspinner, Kiefernspinner, *Nematus* und *Lophyrus* beobachtet, nie dagegen beim Kiefernspanner) der Enddarm in erheblichem Umfange aus, selbst bei Individuen, die kurz vor der Häutung stehen, was vermutlich ebenso wie das Spucken eine Folge des starken Muskelreizes ist.

Häufig sind verendete Raupen mit Kopf und Hinterende an der Unterlage verklebt.

Bei Versuchen, in denen die Tiere geringer Luftfeuchtigkeit ausgesetzt waren, zeigte sich oft ein auffallend rasches Austrocknen und Zusammenschrumpfen der vergifteten Raupen, was wohl nicht allein auf den geringen Feuchtigkeitsgehalt der Luft, sondern auch auf die durch das Spucken verursachte starke Flüssigkeitsabgabe zurückzuführen ist.

Bei schwach bestäubten Raupen treten die Reizerscheinungen entsprechend schwächer auf. Die Zeit bis zum Tod oder bis zur Genesung kann sehr verschieden sein. Die Dauer und der Erfolg ist bei gleich starker Bestäubung bestimmt durch die Disposition der Raupen und durch Außenfaktoren wie Temperatur und Feuchtigkeit.

Puppen (der Nonne) gingen bei starker Bestäubung mit Pyrethrum zu 100 % ein; sie zuckten zwar noch 3—4 Tage, gelangten aber nicht zum Schlüpfen. In einem Ausnahmefall schlüpfte eine Puppe am ersten Tag nach der Bestäubung, aber der Falter kam nur bis Kopf und Thorax heraus, das Abdomen blieb in der Hülle stecken. Ob hier eine ausschließliche Wirkung des Pyrethrums vorliegt, wäre nachzuprüfen. Es besteht auch die Möglichkeit, daß die Stigmata der Puppen verstopft sind und ein Erstickungstod herbeigeführt wurde. (Über die Empfind-

lichkeit von Spannerpuppen gegen das Xylamon als Atemgift vgl. Gößwald 1933.)

Bei Imagines bedarf es einer sehr starken Bestäubung, um sie mit dem Gift zu töten. Sie sterben nach 1—4 Tagen; frisch geschlüpfte Falter sind empfindlicher als bereits erhärtete. Die Wirkung des Pyrethrums macht sich vor allem durch heftiges andauerndes Flügelschlagen und fortwährendes Zucken der Extremitäten bemerkbar.

II. Empfindlichkeitsunterschiede, ihre Ursachen und Erklärung.

Die Wirkung des Pyrethrums ist bei den einzelnen Arten sehr verschieden. Aber auch dieselbe Art kann sehr große Empfindlichkeitsunterschiede aufweisen, je nach Entwicklungsstadium, das Entwicklungsstadium wieder je nach Alter und selbst das gleiche gleichaltrige Entwicklungsstadium kann unter dem Einfluß von Außenfaktoren wie Temperatur und Feuchtigkeit sehr verschieden widerstandsfähig sein.

1. Primär vorhandene Empfindlichkeitsunterschiede.

Die primär vorhandenen Empfindlichkeitsunterschiede, die auf artspezifischen Eigentümlichkeiten der Raupen beruhen, müssen als konstant gegeben bei der Bestäubung durch Verschiedung der Qualität und Quantität des Giftes und durch Anpassung der Bekämpfungszeit berücksichtigt werden.

a) Artspezifische Empfindlichkeitsunterschiede.

Zunächst sind morphologische, artspezifische Verschiedenheiten verantwortlich zu machen für den Grad der Empfindlichkeit des Tieres, vor allem die Beschaffenheit des Aufnahmeorgans des Giftes, der Epidermis, auch die mehr oder minder freie Lage der Nervenendigungen. Von den untersuchten Raupen waren die nackten Forstraupen durchwegs empfindlicher als die behaarten und stärker chitinisierten mit verschiedenen Abstufungen. Von den nackten Schädlingen war *Lophyrus* und *Nematus* viel empfindlicher als *Bupalus piniarius*, von den behaarten ist *Euproctis* empfindlicher als *Lymantria monacha* und *dispar* oder *Dendrolimus pini*. Als besonders widerstandsfähig erwies sich die sehr stark behaarte Bärenraupe *Arctia caja* (letztes Stadium); hier genügte selbst fünffache Bestäubung nicht zur Abtötung. Auch der Flechtenspinner war besonders widerstandsfähig.

Die Behaarung allein gibt aber nicht den Ausschlag. Zum Vergleich wurden nämlich Mehlmottenlarven (*Ephestia Kuehniella*, letztes Stadium), die nur ganz schwach mit feinen Haaren besetzt sind, herangezogen; selbst bei doppelt starker Bestäubung war noch nicht einmal eine 100prozent. Wirkung zu erzielen. Diese kleinen fast nackten Räupchen waren also widerstandsfähiger als *Dendrolimus pini*.

Wahrscheinlich kommt auch noch den qualitativen und quantitativen Verschiedenheiten des Erfolgsorgans, der Nerven, und vielleicht

auch noch des Cerebralganglions eine besondere Bedeutung zu, da mitunter sehr stark chitinisierte, aber höher stehende Insekten, z. B. die Ameisen, außerordentlich empfindlich sind gegen das Nervengift Pyrethrum im Gegensatz z. B. zu den Mehlmottenlarven, mit ihrer scheinbar leichter giftdurchlässigen Epidermis und ihren niedrigerem Nervensystem.

Über artspezifische chemisch-physiologische Verschiedenheiten und ihren Einfluß auf die Giftwirkung vgl. S. 519 ff.

b) Altersspezifische Empfindlichkeitsunterschiede.

Daß die einzelnen Arten und Entwicklungsstadien verschieden empfindlich sind, läßt sich schon rein morphologisch erklären. Für die Empfindlichkeitsunterschiede der einzelnen Altersstufen des gleichen Entwicklungsstadiums sind in der Hauptsache physiologische Ursachen maßgebend. Die größere Widerstandsfähigkeit älterer Stadien gilt in gleicher Weise für Kontakt- und Fraßgifte.[1]) Nach Campbell (1926) ist die Ursache der größeren Widerstandsfähigkeit älterer Raupen darin zu suchen, daß zugleich mit dem zunehmenden Gewicht der Insekten die tödliche Minimaldosis ansteigt. Wie bei der Nonne festgestellt wurde (vgl. S. 496 ff.) steigt die Widerstandsfähigkeit der Raupen gegen das Gift mit dem Alter stetig an bis zum IV. Stadium einschließlich, das V. Stadium ist aber derart widerstandsfähig, daß dieser Unterschied mit der zunehmenden Größe der Raupe allein nicht geklärt werden kann. Inwieweit bei Kontaktgiften die Beschaffenheit der Epidermis jüngerer und älterer Raupen eine Rolle spielt, muß noch untersucht werden (vgl. Escherich 1931 b, Wirkung von Forestit). Bisher wurde festgestellt, daß die abgestorbene Epidermis vor der Häutung einen gewissen Schutz darstellt. Gelingt der Raupe die Häutung innerhalb dreier Tage nach der Bestäubung, dann kommen, wenigstens ältere Stadien, meist mit dem Leben davon. Jüngeren Stadien gelingt die Häutung selten, sie behalten teilweise die alte Epidermis und gehen langsam zugrunde. Über die größere Widerstandsfähigkeit bestäubter Puppenraupen des Spanners im Vergleich zu Fraßraupen vgl. S. 508.

Eine der Hauptursachen der Widerstandsfähigkeit älterer Stadien gegen Kontaktgifte scheint mir deren erhöhte Fraßtätigkeit zu sein. Gerade das letzte Raupenstadium besitzt ein größeres Nahrungsbedürfnis als alle übrigen zusammen. Ausführlicheres über die Giftwirkung in Abhängigkeit der Fraßintensität siehe S. 509.

Im Gegensatz zu den artspezifischen Empfindlichkeitsunterschieden, welche stets als konstant gegeben berücksichtigt werden müssen, kann bei den altersspezifischen Empfindlichkeitsunterschieden durch Verlegung der Bekämpfungszeit in eine frühere Altersstufe des Schädlings

[1]) Für letztere vgl. Escherich 1926 und 1931 b, Kalandadze 1928; über das Kontaktgift Forestit, mit geringer Fraßgiftwirkung, bemerkt Marcus 1932, daß hier die Altersunterschiede bei Freilandbestäubungen (Eule und Spanner) nicht die große Rolle spielen wie im Laboratorium.

der Erfolg sehr wesentlich erhöht werden. Besonders bei widerstandsfähigen behaarten Raupen muß die Bestäubung bis zum III., spätestens IV. Stadium ausgeführt sein.

2. Sekundär unter dem Einfluß ökologischer Außenfaktoren veränderliche Empfindlichkeitsunterschiede.

Fast ebenso sehr, wie durch Berücksichtigung des Alters, kann durch Wahl günstigen Bekämpfungswetters der Erfolg der Bestäubung erhöht werden. Als Höchstspannweite der Giftwirkung in Abhängigkeit extremer Witterungsverhältnisse hat sich ein Unterschied von 60 % der Mortalität herausgestellt.

a) Temperatur.

Der große Einfluß der Temperatur auf die Giftwirkung wurde in den Versuchsserien an den einzelnen Arten dargelegt. Abb. 8 gibt einen Überblick über die Mortalität des letzten Stadiums des Kiefernspanners in Abhängigkeit von verschiedenen Temperaturgraden in den

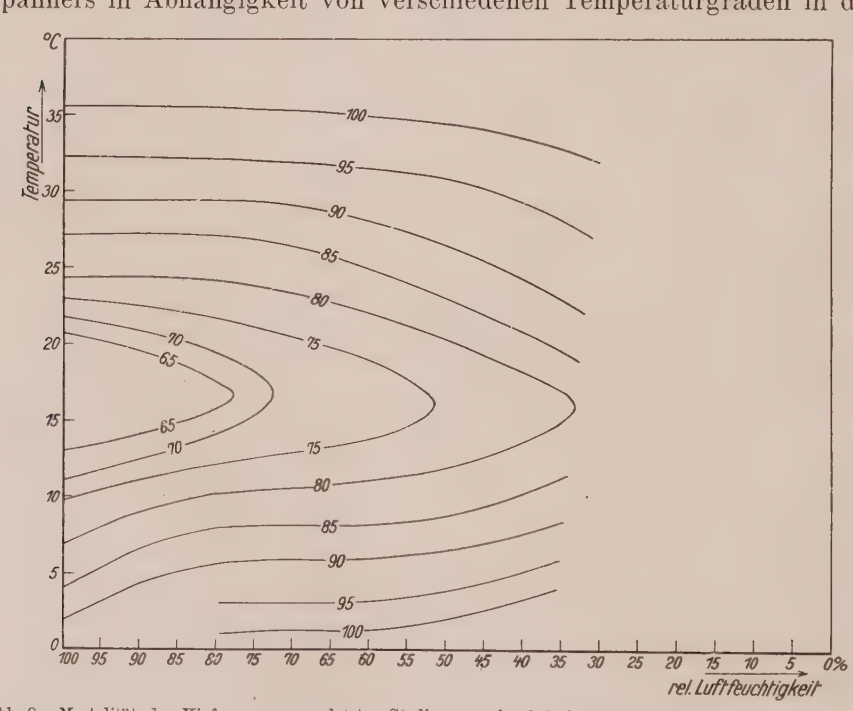


Abb. 8. Mortalität des Kiefernspanners, letztes Stadium, nach einfacher Bestäubung in Abhängigkeit verschiedener Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit (die Werte sind gewonnen durch graphische Interpollation).

einzelnen Luftfeuchtigkeitsstufen. Besonders bemerkenswert ist, daß in gleicher Weise in Fraß- sowie in Hungerversuchen die Tiere bei bestimmten Temperaturgraden am widerstandsfähigsten sind, und zwar entspricht diese Widerstandstemperatur gegen das Gift weitgehendst

dem vitalen Entwicklungsoptimum. Sogar die jahreszeitlichen Schwankungen des vitalen Optimums lassen sich am Giftwiderstandsoptimum gleichlaufend verfolgen; steigt das Widerstandsoptimum mit dem Älter werden der Raupen, wie z. B. bei der Nonne und dem Schwammspinner vgl. S. 494 u. 500 von 19 bezw. 20 ° C auf 24 ° C), dann steigt in gleicher Weise auch das Widerstandsoptimum, umgekehrt fällt beim Kiefernspanner vom Stadium III bis zum letzten Stadium das Temperaturwiderstandsoptimum sowohl im Gift-, wie im Kontrollversuch (von 21 ° C auf 16—17 ° C). Dabei ist in sämtlichen Feuchtigkeitsstufen das Temperaturoptimum gleich.

Die Absterbezeit wird durch hohe Temperatur verkürzt, durch sehr niedrige verlängert. Zwischen Temperaturoptimum und extrem niedriger Temperatur war stets ein Wendepunkt festzustellen, bei dem die Absterbezeit nach anfänglicher Verkürzung (je weiter sich die Temperatur vom Optimum nach unten entfernt) wieder verlängert wird, da sich hier die Wirkung geringer Temperatur bemerkbar macht, welche jede Lebensfunktion verzögert. Der Enderfolg wird aber durch diese Verzögerung der Giftwirkung nicht beeinträchtigt und die Temperatur ist in gleicher Weise günstig für die Bekämpfung, je weiter sie sich vom vitalen Optimum (= Widerstandsoptimum) nach oben u n d nach unten entfernt.

b) Relative Luftfeuchtigkeit.

Im Gegensatz zur Temperatur läßt sich der Unterschied hoher und niedriger Luftfeuchtigkeit in einer annähernd gerade ansteigenden Linie

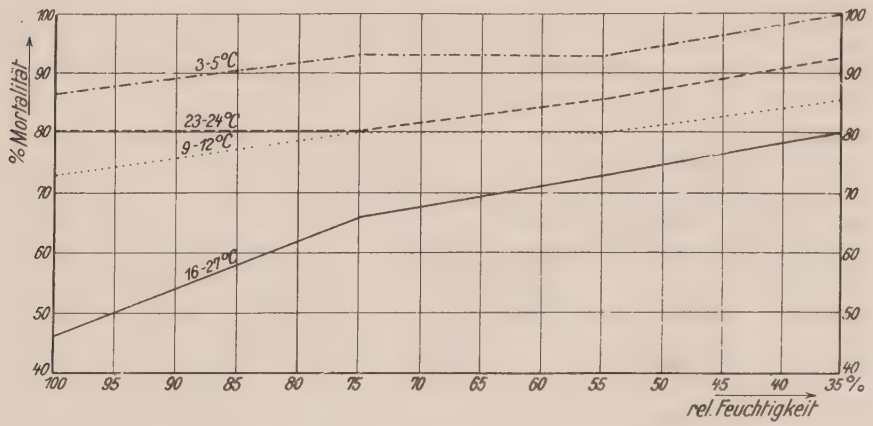


Abb. 9. Mortalität des Kiefernspanners, letztes Stadium, bei verschiedener rel. Luftfeuchtigkeit und Temperatur.

darstellen (vgl. Abb. 9), d. h. die Tiere sind bei hoher Luftfeuchtigkeit am widerstandsfähigsten,[1]) ohne Rücksicht auf das vitale Feuchtig-

[1]) Feine Unterschiede können hier nicht zur Geltung kommen, da die Zwischenstufen der Luftfeuchtigkeit an der oberen Grenze fehlen.

keitsoptimum, woraus hervorgeht, daß die Feuchtigkeit bei der Giftwirkung eine ganz besondere Rolle spielen muß (vgl. S. 519 f.).

c) Regen.

Ähnlich wie durch hohe Luftfeuchtigkeit werden die Raupen auch durch Regenperioden widerstandsfähiger gegen das Gift, vorausgesetzt, daß der Regen nicht durch längere Zeit derart stark ist, daß hierdurch die Fraßtätigkeit herabgesetzt wird; die Raupen könnten auf diese Weise geschwächt werden. Über einen vergleichenden Versuch der Giftwirkung auf Raupen, die längere Zeit beregnet waren und trocken gehaltenen Raupen (siehe S. 501 f.). Bei der Einwirkung von Regenperioden vor der Bestäubung handelt es sich also um eine Veränderung der physiologischen Struktur der Raupe nach der widerstandsfähigen Richtung.

Daneben gibt es auch noch eine direkte mechanische Einwirkung des Regens nach der Bestäubung, die dann gerade entgegengesetzt verläuft, indem das Gift durch die Vermischung mit dem Wasser dem Schädling leichter zugänglich gemacht wird (vgl. S. 499).

d) Fraßintensität.

Da die Fraßintensität selbst weitgehendst von Witterungsfaktoren beeinflußt wird, sei ihre Einwirkung auf das Gift hier in Anschluß an die Temperatur- und Feuchtigkeitsabhängigkeit der Giftwirkung gebracht.

Das Temperaturwiderstandsoptimum fällt ungefähr mit dem Bereich normaler Fraßintensität zusammen. Durch einige Temperaturgrade darüber wird zwar die Fraßtätigkeit noch erhöht, aber der nachteilige Einfluß über das vitale Optimum erhöhter Temperatur macht sich trotzdem auf die Giftwirkung bemerkbar. Bei niedriger Temperatur unter dem vitalen Optimum gelingt es der vergifteten Raupe nur selten, die für diese Temperaturstufe normale Fraßtätigkeit wieder herzustellen, während die Raupen im Bereich ihres optimalen Temperaturwiderstandes, soweit sie überhaupt erholungsfähig sind, meist schon am ersten Tag nach der Bestäubung ihre normale Fraßtätigkeit wieder aufnehmen. Über den Verlauf der Fraßtätigkeit nach der Vergiftung in Abhängigkeit verschiedener Temperatur vgl. Abb. 7 S. 510.

Aber auch unabhängig von dem Einfluß von Temperaturunterschieden sind die Raupen in Hungerperioden gegen das Kontaktgift viel empfindlicher als in normalen Fraßperioden (vgl. hierzu Versuch S. 494 und S. 503).

Vielleicht beruht auch die größere Widerstandsfähigkeit der Weibchenraupen auf deren größeren Fraßintensität im Vergleich zu den Männchenraupen.

3. Zur Frage der Ursachen der Empfindlichkeitsunterschiede.

Das Ziel der biologischen Giftuntersuchungen muß nicht nur sein, die veränderlich oder unveränderlich vorhandenen Empfindlichkeitsunterschiede festzustellen, damit durch deren Berücksichtigung, beispielsweise durch Bestäubung des empfindlichsten Stadiums unter optimalem Bekämpfungswetter, der Erfolg der Bestäubung erhöht werden kann. Erst die Erforschung der Ursachen der Empfindlichkeitsunterschiede bietet eine Möglichkeit Gift und Bekämpfungsmethode grundsätzlich zu verbessern. Es kommt hierbei weinger darauf an, die konstant gegebenen morphologischen Unterschiede zu ergründen, sondern vielmehr die chemisch-physiologischen Zusammenhänge der Giftwirkung zu erforschen.

Als Tatsachen wurden bisher festgestellt: Das Gift wirkt besser bei Nacktraupen als bei behaarten Raupen (zum Teil morphologisch bedingt, vgl. unten); ferner: junge Raupenstadien sind empfindlicher als ältere, die Ursache ist vielleicht die Erhöhung der Minimaldosis mit dem Gewicht der Insekten (Campbell), möglicherweise Veränderungen der Epidermis (Escherich) oder die Zunahme der Fraßintensität; bisherige Untersuchungen geben zur Vermutung Anlaß, daß auch die chemisch-physiologische Struktur mit dem Älterwerden sich ändert. In Abhängigkeit von der Witterung ergab sich, daß bezüglich der Einwirkung der Temperatur die Tiere am widerstandsfähigsten sind im Bereich des vitalen Optimismus, die Raupen überstehen hier auch ungünstige Feuchtigkeitsbedingungen und andere nachteilige Faktoren am besten. [1])

Unter dem Einfluß verschiedener Feuchtigkeit (Luftfeuchtigkeit und Regen) hat sich die größte Widerstandskraft stets bei feuchten Bedingungen herausgestellt in Übereinstimmung mit Freilandbeobachtungen. [2])

Raupen, die im Laboratorium künstlichem Dauerregen ausgesetzt waren, wurden auf Veränderungen ihrer physiologischen Struktur untersucht; denn da die Giftwirkung einen chemisch physiologischen Prozeß darstellt, müssen Veränderungen der chemisch-physiologischen Struktur, vielleicht auch der physikalisch-physiologischen Struktur für den Grad der Empfindlichkeit verantwortlich gemacht werden. Die

---

[1]) Interessant ist in diesem Zusammenhange eine Feststellung von Schimke (auf der Mitgliederversammlung der Ges. f. angew. Entom. Erlangen 1933), daß auch die Bienen im Bereich ihres vitalen Temperaturoptimismus gegen das Pyrethrumkontaktgift Dusturan am widerstandsfähigsten sind, obwohl dieses sehr hoch liegt.

[2]) In der Oberpfalz wurde in diesem Jahre nach einer fast sechswöchentlichen Regenperiode Pyrethrum (allerdings ein viel schwächeres als das im Laboratorium geprüfte) verstäubt. Die Wirkung war fast Null, teils wegen des geringen Giftwertes des verwendeten Präparates, teils unter dem Einfluß der Witterung. Laboratoriumsversuche mit gleichwertigen Pyrethrumgiften haben dann den nachteiligen Einfluß von Regenperioden, die der Bestäubung vorangehen, bestätigt.

Regenraupen waren ganz prall, haben im Vergleich zu trocken gehaltenen Raupen an Gewicht zugenommen. Eine Zählung der Blutkörperchen ergab, daß diese in den Regenraupen um 40—50 % pro Volumeneinheit verringert waren, was wohl nicht auf eine absolute Verminderung der Zahl der Blutkörperchen, sondern auf eine Verdünnung des Blutes zurückzuführen ist; ferner waren die Blutkörperchen in den Regenraupen fast doppelt so groß, wie in den Trockenraupen, woraus hervorgeht, daß diese durch Osmose hypotope Flüssigkeit absorbiert haben. Diesen physikalischen Begleiterscheinungen unter dem Einfluß der Feuchtigkeit kommt wohl eine gewisse Rolle bei der Giftwirkung zu, aber nicht die Hauptrolle, da die Giftwirkung bei Pyrethrum nicht einen physikalischen, sondern einen chemischen Prozeß darstellt. Es galt daher, chemische Veränderungen als Folge der hohen Feuchtigkeit festzustellen. Als solche haben sich ergeben: Veränderungen der Dissoziation der Körperflüssigkeit, der pH-Wert wurde nach der alkalischen Richtung verschoben, ebenso wirkte hohe Luftfeuchtigkeit, wie aus Untersuchungen von Temperaturfeuchtigkeitsserien an *Lymantria dispar* und *Dendrolimus pini* hervorgeht, womit wohl die große Widerstandsfähigkeit der Raupen bei hoher Luftfeuchtigkeit erklärt ist. (Ausführlicheres hierüber und Berücksichtigung der Literatur in einer späteren Arbeit.)

Auch die einzelnen Arten wurden auf ihren pH-Wert untersucht. (Die Untersuchungen wurden durchgeführt mit einem sehr exakt arbeitenden und praktisch leicht verwendbaren Ionometer, der mir von der Firma Lautenschläger, München, in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt wurde.) Es ergab sich hierbei eine auffallende Übereinstimmung mit dem bisher Beobachteten; gerade die empfindlichen Nacktraupen hatten einen niedrigeren pH-Wert (vgl. niedrigeren pH-Wert empfindlicherer trocken gehaltener Raupen), innerhalb der Nacktraupen zeigten sich bezüglich der Empfindlichkeitsunterschiede die gleichsinnigen pH-Wertunterschiede, und das pH stieg immer mehr zu den behaarten Raupen, noch mehr zu den sehr stark behaarten und gegen das Gift sehr unempfindlichen Raupen, so daß die Vermutung nahe liegt, daß die Ausbildung der Kutikula und der Grad der Behaarung mit einen Schutz darstellt zur Erhaltung eines bestimmten chemisch-physiologischen Gleichgewichtes, und daß die größere Widerstandsfähigkeit behaarter Raupen gegen das Gift nicht nur auf die morphologische Ausbildung der Kutikula, sondern auch auf chemisch-physiologische Verschiedenheiten zurückzuführen ist. Nebenher sei erwähnt, daß die Arten mit hohem pH aus feuchter Umgebung, die anderen mit niedrigem pH aus trockenerem Biotyp stammen. Solche Vergleiche (es wurden auch andere Insekten, z. B. Ameisen daraufhin untersucht) sind aber nur zulässig innerhalb biologisch und systematisch sehr nahestehender Artengruppen.

Der Unterschied des pH-Wertes bei den einzelnen Raupenarten betrug 3 pH, bei derselben Raupe unter dem Einfluß verschiedener Luft-

feuchtigkeitsbedingungen 1,5 pH, Unterschiede der einzelnen Entwicklungsstadien 6 pH. (Über pH-Untersuchungen des Darmtraktus verschiedener Insekten siehe Trappmann und Nitsche 1933.)

Auch die Fraßtätigkeit übte einen Einfluß auf den pH-Wert des Blutes aus, und zwar war bei erhöhter Fraßtätigkeit das pH nach der widerstandsfähigeren alkalischen Richtung verschoben, auch hier in Übereinstimmung mit den bisher festgestellten Empfindlichkeitsunterschieden. Ähnliche Unterschiede ergaben sich bei den einzelnen Altersstufen (vgl. besondere Widerstandsfähigkeit des sehr stark fressenden letzten Stadiums und auch der stärker fressenden Weibchenraupen).

III. Nachwirkung des Giftes in das Puppen- und Falterstadium.

Über die Nachwirkung von Arsengiften in das Puppen- und Falterstadium berichten Friederichs und Steiner (1930), und zwar stellten beide Autoren eine höhere Sterblichkeit zunächst der Puppen fest, ferner erwies sich die Fruchtbarkeit von Spannerfaltern aus begifteten Raupen als stark beeinträchtigt und sogar in der nächsten Nachkommengeneration war dir Wirkung des Arsens noch an einer höheren Sterblichkeit erkenntlich. Ähnliches hat Voelkel (1929) für Nonnen festgestellt. Auch Janisch (1927) bemerkt, daß man durch geringe Giftdosen eine langsame Dezimierung der Schädlinge in späteren Generationen erreichen könne. Speyer (1924) erhielt aus begifteten Schwammspinnern Falter, die normal kopulierten und Eierschwärme ablegten, aber aus solchen Eiern schlüpfte nicht ein einziges Räupchen im Gegensatz zum Kontrollversuch. Zu ganz ähnlichen Resultaten ist auch Kalandadze (1928) mit Arsengiften an Nonnen und Schwammspinnern gelangt; vgl. auch Görnitz (1933).

Abb. 10. Krüppelpuppen des Kiefernspanners, verursacht durch Bestäubung mit Pyrethrum.

Nach meinen Versuchsergebnissen mit Kontaktgiften sind hier zwei Richtungen festzustellen, die sich dadurch unterscheiden, ob der Falter nach kurzer oder langer Puppenruhe schlüpft. Im ersten Falle (z. B. Nonne, Schwammspinner, Goldafter) war keine erhöhte Puppensterblichkeit zu beobachten, auch zeigten die Falter ein normales Aussehen. Beim Kiefernspanner dagegen mit seiner langen über den Winter dauernden Puppenruhe ergab zunächst eine größere Anzahl von begifteten Raupen nur Krüppelpuppen (vgl. Abb. 10); zum Teil mag dies auf die höhere Empfindlichkeit der Nacktraupe zurückzuführen sein, aber auch bei Fraßgiften erwiesen sich die Arten mit langer Puppenruhe als empfindlicher im Vergleich zu denen mit kurzer Puppenruhe.

soviel aus der Arbeit von Kalandadze (1928) zu entnehmen ist. Die Puppen von normaler Gestalt waren im Giftversuch zum Teil bis um die Hälfte kleiner (vgl. nach Arsenbestäubungen Voelkel 1929, Friederichs und Steiner 1930, Trappmann und Nitsche 1933). Es schlüpfte von ihnen nur ein viel geringerer Prozentsatz. Besonders hoch war die Sterblichkeit bei Puppen, deren Raupenstadium erst kurz vor der Verpuppung bestäubt worden war; im Gegensatz zu den jünger vergifteten Raupen war hier die Raupensterblichkeit nicht so hoch, dafür aber die Puppensterblichkeit um so größer, so daß bis zum Schlüpfen der Falter auch hier durchschnittlich eine sehr hohe Mortalität erreicht war. Bemerkenswert ist, daß sich die Wirkung ungünstiger Temperaturfeuchtigkeitsbedingungen während des Raupenstadiums bis in das Puppen- und Falterstadium hinein erstreckt, obwohl der Versuch nach der Verpuppung gleichen Bedingungen ausgesetzt wurde.

Die Eizahl der zum Schlüpfen gelangten Falter blieb im Giftversuch weit hinter der Eizahl der aus dem Kontrollversuch geschlüpften Falter zurück; einige Tiere waren sogar steril. Dabei standen die Falter aus den Puppenraupen bezüglich der Reduktion der Eizahl nicht so sehr unter dem Einfluß der Giftwirkung wie die Fraßraupen (vgl. S. 508).

Das gleiche gilt für den Einfluß der Temperatur auf die Eizahl. In beiden Giftversuchen und auch im Kontrollversuch war die größte Eizahl in Faltern festzustellen, deren Raupenstadium in optimalen Temperaturfeuchtigkeitsbedingungen gelebt hatte. Näheres hierüber vgl. S. 507 (vgl. auch Imms 1932 und Zwölfer 1933).

Das Geschlechtsverhältnis hat durch die Vergiftung eine Verschiebung zugunsten der Weibchen erfahren; bei den Nonnen schlüpften mehr Weibchen als Männchen, beim Spanner überhaupt nur Weibchen, (vgl. S. 507).

IV. Folgerungen aus den Ergebnissen für die praktische Bekämpfung und Grundsätzliches zur Herstellung von Giften.

Als Ergebnis der Untersuchungen, die für die praktische Bekämpfung besondere Bedeutung haben, seien hier kurz zusammengefaßt:

Die behaarten Raupen *(Lymanthria monacha* und *dispar, Dendrolimus pini, Euproctis chrysorrhoea)* sind widerstandsfähiger als die Nacktraupen *(Nematus, Lophyrus, Bupalus),* letztere steht etwa in der Mitte zwischen behaarten und Nacktraupen. Diese Empfindlichkeitsunterschiede sind bei der Bestäubung in Betracht zu ziehen. Aber selbst bei empfindlichen Nacktraupen kommt eine schwächere Bestäubung als 1 Ztr. pro Hektar nicht in Frage, bei behaarten Raupen genügt dieses Quantum noch in jungen Stadien, mit dem Alter steigt die Widerstandskraft des Tieres; daher ist darauf zu achten, daß bei Freilandbestäubungen womöglich nicht das III., auf keinen Fall aber das IV. Stadium überschritten sind. Falls sich doch einmal eine Be-

stäubung älterer Stadien als notwendig herausstellt, empfiehlt sich für die Nonne IV. Stadium eine eineinhalbfache Bestäubung, bei Stadium V mindestens doppelt starke Bestäubung, da der Erfolg der Bestäubung hierdurch um etwa das Achtfache auf 80 % Mortalität erhöht wird, während sich die Kosten nicht ganz verdoppeln. Für das letzte Stadium des Spanners ist mindestens eine eineinhalbfache Bestäubung geboten. Schwächere Bestäubungen als hier empfohlen haben meist nicht einen schwächeren, sondern gar keinen Erfolg.

Nicht nur durch Berücksichtigung von Empfindlichkeitsunterschieden der Art und des Alters, sondern auch durch Beachtung des Einflusses der Wetterlage kann der Bekämpfungswert des Giftes sehr wesentlich, um etwa 60 % der Mortalität erhöht werden. Über die Widerstandstemperaturen der einzelnen Arten vgl. den speziellen Teil. Günstig zur Bekämpfung ist eine der Bestäubung vorangehende trockene Wetterlage, entweder bei sehr hoher oder sehr niedriger Temperatur (für die untersuchten Arten durchschnittlich 16—24 ° C); auch nach der Bestäubung wirken die Temperaturfeuchtigkeitsbedingungen noch in dem gleichen Sinn, aber beim Regen verändert sich die Wirkung: Regen vor der Bestäubung schadet der Giftwirkung, Regen kurz nach der Bestäubung nützt wegen der mechanischen Einwirkung des Wassers (vgl. S. 501 f.).

Die Feststellung des optimalen Bekämpfungswetters für Kontaktgifte ist deswegen von besonderer Bedeutung, weil bisher bei der Verwendung von Fraßgiften teilweise gerade entgegengesetztes Wetter zur Bekämpfung günstig war, da hier Perioden normaler Fraßtätigkeit gewählt werden müssen, zwecks Aufnahme des Giftes, während die Raupen bei der Verwendung von Kontaktgiften gerade in den Temperaturfeuchtigkeitsbereichen geringer Nahrungsaufnahme besonders empfindlich sind; darin liegt ein besonderer Vorteil des Kontaktgiftes, da die Raupen gerade hier gegen alle nachteiligen Einflüsse besonders hinfällig sind, während die Fraßgifte im optimalen Widerstandsbereich des Tieres zur Wirkung kommen müssen. Auch der Umstand, daß ein etwa eine Stunde nach der Bestäubung einsetzender Regen nicht mehr schadet, sondern womöglich sogar nützt, ist als erheblicher Vorzug des Kontaktgiftes anzuerkennen; bei Fraßgiften war unter solchen Verhältnissen die Giftwirkung in Frage gestellt.

Auch die Schnelligkeit der Wirkung des Kontaktgiftes ist sehr günstig, vor allem wenn es sich darum handelt, einen Wald gerade noch vor vollständigem Kahlfraß zu retten.

Wegen der schnellen Flüchtigkeit des Pyrethrins ist Pyrethrum für Nutzinsekten, wie z. B. Bienen, weit weniger gefährlich als das Arsen, welches noch nach Tagen Vergiftungen herbeiführen konnte. Bei Pyrethrum aber ist die Wirkung nach wenigen Stunden vorbei, es genügt daher bei Bestäubungen mit Pyrethrumkontaktgiften, die wie das Dusturan keine gefährlichen Beimischungen enthalten, die Bienen einen Tag einzusperren, in manchen Fällen wird es sogar möglich sein,

die Bekämpfungsaktion zu einer Zeit anzusetzen, die für die Giftwirkung gut ist, bei der jedoch die Bienen nicht fliegen (z. B. kühles trockenes Wetter).

Die Ungefährlichkeit des Pyrethrums gegen Mensch und Warmblütler des Waldes darf ebenfalls als besonderer Vorteil gegenüber dem Arsen nicht unerwähnt bleiben.

Von praktischer Bedeutung ist auch die Nachwirkung des Giftes in das Puppen- und Falterstadium, da dadurch die nächste Generation stark geschwächt wird. Wie S. 506 am Kiefernspanner gezeigt wurde, kann die Nachwirkung so groß sein, daß die Mortalität noch um etwa 60—80 % erhöht wird. Infolge der größeren Empfindlichkeit der Männchenraupen blieben in den Giftversuchen nur Weibchenindividuen übrig; damit wird der Erfolg noch weiter wesentlich gehoben: Falls nicht eine große Zuwanderung von Männchenfaltern aus benachbarten unbestäubten Revieren einsetzt, bleiben die Gelege unbefruchtet.

Auch gegen andere Schädlinge hat sich Dusturan schon sehr gut bewährt, z. B. gegen Meerrettichblattkäfer und Erdbeerblütenstecher (vgl. Gößwald 1933 b) oder Chloropiden (Gößwald 1933 c).

Nach den bisher erwähnten Ergebnissen verdient ein Pyrethrumkontaktgift, das den gleich großen Erfolg hat wie Arsen, bevorzugt zu werden. Die Hoffnung auf eine weitgehende Unabhängigkeit des Pyrethrums von der Witterung konnte sich zwar nur insofern erfüllen, als das Wetter während der Bekämpfungsaktion selbst nicht mehr die große Rolle spielt wie bei Fraßgiften, aber schließlich ist jeder chemisch-physiologische Vorgang auch bei anderen Kontaktgiften bis zu einem gewissen Grade solchen Witterungseinflüssen unterworfen. Zur Verminderung dieses Einflusses bestünde die Möglichkeit zwei Gifte zu vermischen, die bei verschiedenen entgegengesetzten Temperaturverhältnissen besonders wirksam sind, z. B. Pyrethrum (besonders wirksam außerhalb des vitalen Optimums) und ein Atemgift, das gerade im Bereich des vitalen Optimums am besten wirkt (z. B. Paradichlorbenzol; ein Atemgift allein hat bei Freilandbestäubungen keinen endgültigen Erfolg, aber im Verein mit einem Nerven-Muskel-Gift wird die Wirkung stark erhöht; diesbezügliche Versuche sind bereits eingeleitet und sehr vielversprechend).

Eine Verbesserung der wirksamen Substanz (etwa durch bessere Unterscheidung der verschieden wirksamen Pyrethrine I und II, vgl. Wilkoxon und Hartzell 1933, und durch Garantie eines bestimmten Pyrethringehaltes, so daß Zufallsergebnisse ausscheiden) muß dem Chemiker überlassen bleiben, doch ist wohl sehr zweckmäßig, wenn der Chemiker und der Biologie mehr als bisher auf wissenschaftlicher Grundlage zusammenarbeiten.

Da die Empfindlichkeitsunterschiede der einzelnen Arten nicht nur auf quantitativen (morphologischen) sondern vor allem auf qualitativen (physiologische, pH-Werte) Verschiedenheiten beruhen, scheint mir der bisher beschrittene Weg, möglichst Universalmittel für alle Schädlinge

sowohl des Forstes, wie des Wein-, Obstbaues und der Landwirtschaft herzustellen, nicht weiter gangbar. Für besonders wichtige Großschädlinge dürfte sich wohl die Ausarbeitung von sicher wirkenden Spezialgiften lohnen. Dem Biologen bleibt hierbei die Aufgabe, die Ursachen der qualitativen Empfindlichkeitsunterschiede, die wohl auf der Eigenart der chemisch-physiologischen Struktur beruhen, festzustellen, während der Chemiker das Gift solchen Unterschieden wirksam anzupassen hat. Es ist unmöglich, Raupen verschiedener chemisch-physiologischer Beschaffenheit mit einem Gift konstanter Art stets gleich wirksam zu bekämpfen, durch Anpassung des Giftes läßt sich der Erfolg wesentlich erhöhen. Wenn der hier vorgeschlagene wissenschaftliche Weg einer Verbesserung der chemischen Bekämpfungsmethode sich als praktisch gangbar herausstellt, werden wir in Zukunft nicht mehr auf eine Selektion von Zufallsgiften angewiesen sein (es mußten im vergangenen Jahr etwa 40, meist ganz minderwertige und mehr oder weniger planlos zusammengestellte Präparate geprüft werden, was zum Teil auch eine nutzlose Tierquälerei bedeutet), sondern wir werden in der Lage sein, planmäßig nach bestimmten Gesichtspunkten zu arbeiten.

D. Anhang.

Physikalische Eigenschaften des Kontaktgiftes Dusturan.

1. Verstäubbarkeit.

Die Verstäubbarkeit des Giftes ist sehr gut, der Niederschlag ist regelmäßig und feinkörnig; auch bei Freilandbestäubungen sind die Beobachtungen über den Niederschlag von Pyrethrumstaubwolken sehr befriedigend.

2. Haftfähigkeit.

Eine gute Haftfähigkeit ist für Kontaktgifte zwar nicht von der großen Bedeutung wie bei Fraßgiften, aber immerhin sehr erwünscht. Nach Angaben der herstellenden Firma beträgt die Haftfähigkeit nach der Methode von Görnitz (1927) gemessen, 90 (Talkum als Vergleich 100).

3. Spezifisches Gewicht.

Das spezifische Gewicht des Giftes beträgt 0,6, das Schüttegewicht pro Liter 550 g (nach Angaben der Firma). Das spezifische Gewicht soll nicht zu leicht sein, um ein Abtreiben der Staubwolken, besonders in bergigen Gegenden zu vermeiden, andrerseits ist ein geringes spezifisches Gewicht vorteilhaft zur Erlangung einer allseitigen feinen Verteilung. Wie ich bei Freilandbestäubungen vom Hochsitz aus beobachten konnte, darf das Gift eher etwas schwerer sein als leichter; das gilt für bergige Gegenden.

4. Wasseraufnahmefähigkeit.

Die bisher erwähnten Eigenschaften des Pyrethrums können durch den Einfluß feuchter Luft beeinträchtigt werden, indem vor allem die Verstäubbarkeit sehr unter der Wasseraufnahme leidet. Zur Orientierung über den Grad der Hygroskopie wurden Proben des Giftes verschiedenen Stufen relativer Luft-

feuchtigkeit ausgesetzt. Die Ausgangsfeuchtigkeit, gemessen mit dem Haarhygrometer beträgt 60 %; ähnlich wie beim Forestit; bei hoher Luftfeuchtigkeit zeigte sich eine geringe Zunahme des Gewichtes von 0,016 mg pro Gramm, und bei niedrigerer Luftfeuchtigkeit eine entsprechende Abnahme. Da die Zerstäubbarkeit unter der Wasseraufnahme leiden dürfte, empfiehlt es sich also, das Gift vor Feuchtigkeit entsprechend zu schützen.

5. Wertbeständigkeit.

Über die Flüchtigkeit der wirksamen Substanz von Pyrethrumblüten bei längerem Lagern vgl. Trappmann 1927.

Zur Prüfung der Frage einer Giftwertverminderung des Pyrethrumpulvers Dusturan wurde eine breite Schale mit dem Kontaktgift freier Luft und Sonne ausgesetzt. Anfänglich in Abständen von einigen Tagen, später von Wochen und schließlich von Monaten wurden Proben des ausgesetzten Giftes zurückgenommen und wieder dicht aufbewahrt. Im November wurden mit 10 solcher noch einmal wiederholt; es zeigte sich hierbei ein nicht unbedeutendes Nachlassen des Giftes von den nur einigen Tagen bis Monaten ausgesetzten Proben. Auch Pyrethrum, das in einer Blechbüchse aufbewahrt wurde, verlor nach einem Jahr, besonders an der oberen Schicht, nicht unerheblich an Giftwirkung. Daraus ergibt sich, daß es zweckmäßig ist, das Gift jedes Jahr frisch aus Rohmaterial herzustellen und das Pulver dicht zu lagern.

6. Chemische Zusammensetzung des Giftes.

Von der Zusammensetzung des Dusturans erwähnt die Pflanzenschutz-Ges. m. b. H. Hamburg: Pyrethringehalt 0,2 %, nach der Methode von Gnadinger und Corl. Der Alkoholgehalt des Extraktes, aus dem Dusturan durch Absorption mit Kieselgur gewonnen wird, beträgt 35 Gew.-%. Der Füllstoff ist in der Hauptsache Magnesiumsilikat.

E. Schluß. Zusammenfassung.

Die Wirkung des Pyrethrumkontaktgiftes Dusturan wurde unter besonderer Berücksichtigung der physiologischen Begleiterscheinungen an einigen wichtigen Forstschädlingen untersucht.

Um einen Vergleich der Versuchsserien untereinander zu ermöglichen, wurde die Bestäubung mit einer quantitativ genau bestimmbaren Menge des Giftes durchgeführt, welche zugleich erlaubt die Versuchsergebnisse auf Freilandverhältnisse zu übertragen. Zur Technik der Prüfung von Giften in Laboratoriumsversuchen stellte sich heraus, daß die Raupen unter verschiedenen Temperaturfeuchtigkeitsbedingungen großgezogen und zum mindesten vergiftet werden müssen; anders sind Schlüsse auf die Wirkung des Giftes im Freiland nicht zulässig.

Die Reizerscheinungen nach der Bestäubung sind typisch für ein Nerven-Muskelgift. Neben heftigem Krümmen und Spucken ist bei einigen Arten besonders auffällig ein Austreten des Enddarmes.

Das Gift wirkt auch auf Puppen und Imagines.

Der Grad der Giftwirkung ist bestimmt durch art-, entwicklungs- und altersspezifische Empfindlichkeitsunterschiede, aber auch sekundär

kann die Empfindlichkeit beeinflußt werden, indem die physiologische Disposition durch ökologische Außenfaktoren, wie Temperatur und Feuchtigkeit verändert wird.

Die artspezifischen und entwicklungsspezifischen Empfindlichkeitsunterschiede sind zum Teil morphologisch erklärlich. Stark chitinisierte und behaarte Raupen (Nonne, Schwammspinner, Kiefernspinner) sind widerstandsfähiger als Nacktraupen (Kiefernspanner, Lophyrus, Nematus); aber auch qualitative Unterschiede, z. B. chemisch-physiologische, sind von großer Bedeutung (vgl. S. 519).

Die altersspezifischen Empfindlichkeitsunterschiede sind sehr groß, die Widerstandsfähigkeit steigt mit dem Alter an. Bei der Nonne darf das III. Stadium nicht überschritten sein, wenn mit einfacher Bestäubung eine durchschnittliche 100prozent. Mortalität erzielt werden soll. Für das letzte Stadium ist eine doppelt starke Bestäubung unbedingt geboten (vgl. S. 498), bei dem empfindlicheren Spanner eine eineinhalbfache. Eine Verringerung der Qualität des Giftes und der Quantität unter 1 Ztr. pro Hektar kommt auch für ganz junge empfindliche Nacktraupen nicht in Frage.

Erstrebenswert ist, das empfindlichste Stadium unter den günstigsten Witterungsverhältnissen zu bestäuben. Was hierzu den Einfluß der Temperatur anbelangt, so sind die Raupen am widerstandsfähigsten im Bereich ihres vitalen Entwicklungsoptimums; dabei macht auch die Widerstandstemperatur gegen das Gift die jahreszeitlichen Verschiebungen des vitalen Optimums mit durch; steigt das vitale Temperaturoptimum (Schwammspinner, Nonne, 19, bezw. 20—25 ° C, so steigt in gleicher Weise auch das Widerstandsoptimum, umgekehrt fällt beim Kiefernspanner das Widerstandsoptimum mit dem Temperaturoptimum (von 21 ° C III. Stadium bis 16—17 ° C des letzten Stadiums).

Temperatur über dem Widerstandsoptimum wirkt beschleunigend, Temperatur unter dem Widerstandsoptimum t e i l w e i s e verzögernd auf die Giftwirkung; direkt unter dem vitalen Optimum nämlich beschleunigend, dann kommt bei noch niedrigerer Temperatur ein Wendepunkt, nach dem die Absterbezeit wieder verlängert wird, ohne aber Einfluß auf die Endmortalität zu gewinnen, welche gerade bei extrem niedriger Temperatur sehr hoch ist. Auch Raupen, die zu einer abnormen Zeit im Laboratorium gezogen wurden, behielten ihre art- und altersspezifische Temperatur bei.

Im Gegensatz zu dem Einfluß der Temperatur sind die Raupen unabhängig vom vitalen Optimum am widerstandsfähigsten gegen das Gift bei hoher Luftfeuchtigkeit, ganz gleich bei welcher Temperaturstufe. Auch länger dauernde Regenperioden vor der Bestäubung machen die Raupen besonders widerstandsfähig gegen das Gift, dagegen kann ein einige Zeit nach der Bestäubung einsetzender Regen die Giftwirkung erhöhen, wenn die Raupen bereits empfindlich vom Gift getroffen sind. Von dem letzten Fall abgesehen, der nicht auf

einer physiologischen, sondern mechanischen Einwirkung beruht, ergibt sich als optimales Bekämpfungswetter für die untersuchten Arten durchschnittlich eine Temperatur möglichst weit über oder unter 16 bis 24 ° C bei stets geringer Luftfeuchtigkeit. Die Rücksicht auf die Wetterlage darf aber nicht dazu verführen, die Bestäubung zu lange hinauszuschieben, da die Tiere mit zunehmendem Alter widerstandsfähiger werden.

Die Feststellung optimalen Bekämpfungswetters für Kontaktgifte ist deshalb wichtig, weil bisher bei der Verwendung von Fraßgiften das Bekämpfungsoptimum gerade entgegengesetzt lag. Die Fraßgifte wirken im Bereich normaler Fraßtätigkeit, welche zugleich mit den oben erwähnten optimalen Temperaturwiderstandsbereich zusammenfällt; die Kontaktgifte dagegen wirken am besten in Hungerperioden, seien diese nun durch ungünstige Temperatur oder durch andere Faktoren (vgl. S. 503) hervorgerufen.

Die Raupen, die der Giftwirkung nicht unterlagen, haben am frühesten im Bereich des vitalen Temperaturoptimums ihre Fraßtätigkeit wieder aufgenommen (nach 1 Tag), über dem vitalen Optimum ist die Giftwirkung fast stets tödlich, unter dem vitalen Optimum dauert es länger zur Wiederherstellung der normalen Fraßtätigkeit, bei extrem niedriger Temperatur, in der im Kontrollversuch noch gefressen wird (vgl. S. 496) gelingt es den Raupen nicht mehr zu fressen.

Von größter praktischer Bedeutung ist auch die Nachwirkung des Giftes in das Puppen- und Falterstadium, welche bei Arten mit einer langen Puppenruhe (Kiefernspanner) festzustellen war. Die Puppensterblichkeit betrug nachträglich im Giftversuch bis 80 % (vgl. S. 505), ferner war die Eizahl stark gegenüber den Faltern aus dem Kontrollversuch reduziert. Besonders hoch war die Sterblichkeit und die Reduktion der Eizahl bei Individuen, deren Raupenstadium sich außerhalb des vitalen Optimums verpuppt hatte. Die ungünstigen Temperatur-Feuchtigkeitsverhältnisse aus dem Raupenstadium wirkten also bis in das Falterstadium, obwohl die Tiere nach der Verpuppung gleichen Verhältnissen ausgesetzt worden waren.

Auffallend ist das alleinige Schlüpfen von Weibchen im Giftversuch, welche sich also als widerstandsfähiger erwiesen haben als die Männchen, was vermutlich mit der größeren Fraßintensität der Weibchenraupen zusammenhängt. Dadurch, daß nur Weibchen zum Schlüpfen gelangten, bleiben die wenigen Gelege unbefruchtet.

Als Ursache der Empfindlichkeitsunterschiede sind neben morphologischen Verschiedenheiten (vgl. S. 519) auch chemisch-physiologische zu erkennen. Je höher der pH-Wert der untersuchten Tiere war, desto größer war die Widerstandsfähigkeit; erhöht wird der pH-Wert durch den Aufenthalt in hoher Luftfeuchtigkeit oder auch Regen, ferner durch Altersunterschiede. Die Regenraupen sind also alkalischer und widerstandsfähiger als Trockenraupen. Ähnliche Unterschiede ergeben sich von Art zu Art. Behaarte und noch mehr stark behaarte Raupen sind

alkalischer als die untersuchten Nacktraupen in der Reihe der Widerstandsfähigkeit. Dabei befinden sich die Nacktraupen durchschnittlich in einem trockeneren Biotyp als die behaarten Raupen (vgl. gleichsinnigen Einfluß niedriger und hoher Luftfeuchtigkeit auf die Widerstandskraft). Vielleicht ist die Beschaffenheit der Kutikula und der Behaarung ein Schutz zur Aufrechterhaltung eines bestimmten chemisch-physiologischen Gleichgewichtes.

Durch weitere Erforschung der chemisch-physiologischen Zusammenhänge der Giftwirkung, durch Feststellung der chemischen Struktur des Schädlings und durch Anpassung des Giftes an diese Verschiedenheiten dürfte eine Verbesserung des Giftes möglich sein, so daß wir in Zukunft nicht mehr wie bisher auf eine Selektion von Zufallsgiften angewiesen sind.

Literatur.

Berwig, W., 1931, Laboratoriumsversuche zur Bionomie und Bekämpfung der Forleule. Zeitschr. f. angew. Entomologie Bd. 17.

Campbell, F. L., 1926, On the Possibility of Development of Toleranceto Arsenic by Individual Iesects. Journ. Econ. Ent. Bd. 19, No. 3.

Chevalier, J., und Ripert, 1927, Action pharmacodynamique et titrage physiologique des préparations des fleurs de pyrèthre. C. R. Acad. Sci. France No. 12.

Cornu, C., 1927, Über insektentötende Wirkung der Speichelwurz. Zeitschr. f. angew. Chemie.

De Ong, E. R., und Huntoon, M., 1929, Sulfur as an Insecticide. Journ. Econ. Ent. Bd. 22, No. 6.

Eliescu, G., 1932, Beiträge zur Kenntnis der Morphologie, Anatomie und Biologie von *Lophyrus pini* L. Zeitschr. f. angew. Entomologie Bd. 19, Heft 1 und 2.

(Entomology) 48. Ann. Rep. Ohio Agric. Expt. Sta. 1928—1929. Bull. 446.

Escherich, K., 1926, Die Flugzeugbekämpfung des Kiefernspanners im bayerischen Forstamt Ensdorf. Forstl. Zentr.-Blatt Heft 3.

— — 1927, Neuzeitliche Bekämpfung tierischer Schädlinge. Berlin, Verlag Springer.

— — 1929, Die Flugzeugbekämpfung gegen Forstschädlinge.

— — 1931 a, Forstinsekten Mitteleuropas. III. Bd. Berlin, Verlag Paul Parey.

— — 1931 b, Ein neuer Fortschritt in der Forstschädlingsbekämpfung. Forstl. Wochenschrift Silva Heft 33.

— — 1932, Los vom Arsen im Forstschutz. Der Deutsche Forstwirt Nr. 103/104.

Freystaud, J., 1924, Le Pyrèthre. Rev. Zool. agric. Ent. appl. Bd. 18, No. 10.

Friederichs und Steiner, 1930, Über Nachwirkungen der Begiftung des Kiefernspanners. Zeitschr. f. angew. Entomologie Bd. 16.

Görnitz, K., 1927, Ein neues Verfahren zur Feststellung der Haftfähigkeit von Verstäubungsmitteln. Anz. f. Schädlingskunde Jahrg. 3, Heft 9.

— — 1933, Methoden zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln. IV. Neue Apparate und Methoden. Mitt. d. Biol. Reichsanst. Heft 46.

Größwald, K., 1933 a, Über die Atemgiftwirkung von Xylamon. Anz. f. Schädlingskunde.

— — 1933 b, Pyrethrum. Anz. f. Schädlingskunde Jahrg. 9, Heft 4, S. 56.

— — 1933 c, Erfolgreiche Bekämpfung von Chloropiden mit Pyrethrum. Anz. f. Schädlingskunde Jahrg. 9, H. 6.

— — und Zwölfer, W., 1933, Das Pyrethrumkontaktgift Dusturan als neues Kampfmittel gegen forstliche Großschädlinge. Anz. f. Schädlingskunde Jahrg. 9, Heft 6.

Goetze, G., 1932, Zwei neue Methoden zum quantitativen Studium der Giftigkeit von Iesektiziden. Anz. f. Schädlingskunde Jahrg. 8, Heft 5.
Janisch, E., 1927, Das Exponentialgesetz. Berlin, Verlag Springer.
— — 1929, Über die Wirkungsgröße der Umweltfaktoren bei der Massenvermehrung der Insekten. Deutsche Forschung Heft 9.
— — 1932, Über die Eignung der Seidenraupe als Standardtier. Anz. f. Schädlingskunde Jahrg. 8.
Imms, A. D., 1932, Temperature in Relation to Problems of Insect Control. Ann. appl. Biol. Bd. 19.
Kalandadze, L., 1928, Die Wirkung von Arsenpräparaten auf die wichtigsten Forstschädlinge. Zeitschr. f. angew. Entomologie Bd. 18, Heft 1.
Krüger, Fr., 1931, Untersuchungen über die Giftwirkung von dalmatischem Insektenpulver auf die Larve von *Corethra plumicornis*. Zeitschr. f. angew. Entomologie Bd. 18.
Marcus, B. A., 1932, Ein neues Kontaktmittel (Forestit-Merck) in der Schädlingsbekämpfung. Zeitschr. f. angew. Entomologie Bd. 19, Heft 1.
Menozzi, C., 1930, Insetti dannori alla barbabietola osservati durante la compagna 1929. (Osservationi ed appunti preliminari.) Indust. saccar. ital. Bd. 23, 1, 2, 3.
Speyer, W., 1924, Ein Beitrag zur Wirkung der Arsenverbindungen auf Lepidopteren. Zeitschr. f. angew. Entomologie Bd. 10, Heft 3.
Sprengel, L., 1932, Kirschfruchtfliege und ihre Bekämpfung. Flugblatt Nr. 83 der Biol. Reichsanst. für Land- und Forstw., 3. Auflage.
Stellwaag, Fr., 1929, Giftwert und Giftigkeit der Insektizide. I. Teil. Grundsätzliche Erörterungen. Anz. f. Schädlingskunde Jahrg. V, Nr. 9.
— — 1930, II. und III. Teil. Allgemeine Technik der physiologischen Wertbestimmung. Anz. f. Schädlingskunde Jahrg. VI, Heft 4 und 6.
— — 1930, IV. Teil. Physiologische Wertbestimmung der von Leibbrandt bearbeiteten Grünpräparate. Weinbau und Kellerwirtschaft.
— — 1930, V. Teil. Gegenwärtiger Stand unserer Kenntnisse über die Normierung der Schädlingsbekämpfungsmittel im Deutschen Weinbau. Wein und Rebe Jahrg. 12, Heft 3.
— — 1931, VI. Teil. Ziele und besondere Methodik bei der Bestimmung der Giftigkeit im Individualversuch. Zeitschr. f. angew. Entomologie Bd. 18, Heft 1.
— — 1931, VII. Teil. Grundlagen und besondere Methoden der Bestimmung des „Giftwertes" im „Serienversuch". Zeitschr. f. angew. Entomologie Bd. 18.
Trappmann, W., 1927, Schädlingsbekämpfung. Leipzig.
— — und Nitsche, G., 1933, Methoden zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln. V. Beiträge zur Giftbestimmung und zur Kenntnis der Giftwirkung von Arsenverbindungen. Mitt. d. Biol. Reichsanst. Heft 46.
Voelkel, H., 1932, Zur Methode der Bekämpfung der Forstschädlinge durch Bestäubung vom Flugzeug aus. Forstw. Zentralblatt Bd. 51.
Weiß, L., 1931, Versuche über die Wirkung von Kontaktgiften auf Schmetterlingsraupen. Zeitschr. f. angew. Entomologie Bd. 17, Heft 3.
Wilkoxon und Hartzell, 1933, Some Factors affecting the efficiency of Contact-Insecticides. III. Further Chemical and Toxicological Studies of Pyrethrum. Contributions from Boyce Thompson Instituts Vol. 5, Nr. 1.
Zwölfer, W., 1933, Studien zur Ökologie, insbesondere zur Bevölkerungslehre der Nonne, *Lymantria monacha* L. (Vermehrungspotential und Sterblichkeit der Entwicklungsstufen in ihren Beziehungen zur Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Zeitschr. f. angew. Entomologie Bd. 20.

Beitrag zur Biologie des Schneeballkäfers Galerucella viburni Payk.,

mit besonderer Berücksichtigung der Brutfürsorge und der mit diesen Instinktäußerungen in Zusammenhang stehenden anatomischen und physiologischen Besonderheiten.

Von

Martin Lühmann.

(Aus dem Zoologischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule Berlin. Direktor: Prof. Dr. Heymons.)

(Mit 15 Abbildungen.)

Inhaltsübersicht.

Seite

1. Einleitung 532
2. Literaturübersicht 532
3. Biologie des Käfers 532
   a) Allgemeines Verhalten 532
   b) Fallreflex und Flugfähigkeit 533
   c) Die Nahrungsaufnahme 534
   d) Verhalten gegen Witterungseinflüsse 536
   e) Die Brutfürsorge 537
   f) Der Darmtraktus in Beziehung zur Brutfürsorge 544
   g) Die weiblichen Geschlechtsorgane 548
4. Das Ei und die Embryonalentwicklung 550
5. Der Schlüpfvorgang 551
6. Biologie der Larve 552
   a) Größe, Form und Farbe 552
   b) Allgemeines Verhalten 554
   c) Die Fraßtätigkeit 554
   d) Der Darmtraktus 557
   e) Verhalten gegen Witterungseinflüsse 558
   f) Die Verpuppung 558
7. Die Dauer der Puppenentwicklung 559
8. Feinde und Parasiten 560
9. Bekämpfungsmöglichkeiten 562
10. Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse 562
11. Literaturangabe 564

* *
*

1. Einleitung.

Zweck dieser Untersuchung über den Schneeballkäfer war, die Ökologie des Insekts in seinen wesentlichen Zügen zu klären und dadurch gegebenenfalls eine Bekämpfungsmöglichkeit herauszufinden. Wenn auch der Schneeballkäfer kein Großschädling ist, so kann er doch in Anlagen, Gärten und in Schnittblumengärtnereien empfindlichen Schaden durch Zerstörung von Blättern und Blüten des Schneeballstrauches anrichten.

Der Käfer kann aber auch noch aus einem anderen Grunde unser Interesse beanspruchen. Beim Fortpflanzungsgeschäft sorgt er nämlich in kunstvoller Weise für die Unterbringung seiner Eier.

Die Vorgänge bei dieser Brutfürsorge im einzelnen klarzulegen, habe ich für meine besondere Aufgabe gehalten. Endlich habe ich auch noch den anatomischen Bau des Käfers berücksichtigt und die mit seiner Lebensweise hauptsächlich im Zusammenhang stehenden Organe, die Geschlechtsorgane, die Verdauungs- und Exkretionsorgane eingehender untersucht.

Die Arbeit wurde während des Wintersemesters 1931/32 und Sommersemesters 1932 im Zoologischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule Berlin unter Anleitung von Herrn Professor Dr. Heymons und Herrn Professor Dr. von Lengerken ausgeführt.

Die Bestimmung der Parasiten haben die Herren Professor Dr. Bischoff, Dr. Hedicke, Dr. Maeckel und Dr. Graf Vitzthum ausgeführt, wofür ich auch an dieser Stelle herzlich danke.

2. Literaturübersicht.

Über die Lebensweise des Schneeballkäfers ist verhältnismäßig wenig veröffentlicht worden. Zumeist handelt es sich nur um Berichte über ausgedehnte Fraßschäden. Hartig hat 1834 zum ersten Male die eigenartige Ablage der Eier in besonderen verdeckelten Zweighöhlen erwähnt. Etwas ausführlicher berichtet nur Keßler. Rupertsberger veröffentlichte dann genauere Beobachtungen über die Maßnahmen, die der Käfer im Hinblick auf die Brutfürsorge trifft.

Von den im Laufe der Untersuchungen gefundenen Feinden des Käfers ist nur *Tetrastichus ooctonus* 1854 und 1858 als *Pteromalus ooctonus* von Kawall erwähnt.

Auch im Handbuch der Pflanzenkrankheiten von Sorauer-Reh ist „*Pteromalus*“ *ooctonus* angeführt.

Anatomisch und histologisch ist der Käfer bisher nicht untersucht worden.

3. Biologie des Käfers.

a) Allgemeines Verhalten.

In Wäldern und Anlagen, die *Viburnum*-Bestände aufweisen, ist der Schneeballkäfer *Galerucella viburni* Payk. eine häufige Erscheinung. Der Käfer ist sehr standortstreu und verläßt einen einmal bewohnten Strauchteil verhältnismäßig selten.

Die größte Zeit seines Lebens verbringt der Käfer in Ruhestellung. Er schmiegt sich dabei der Unterlage weitgehend an. Vor der Geschlechtsreife halten sich die Insekten vorzugsweise an Zweigen und Zweiggabelungen auf. Auch an Stellen abgebrochener Zweige findet man sie häufig. Ebenso sind übereinanderliegende Blätter und der Blattgrund ein bevorzugter Aufenthaltsort. Nach dem Beginn der Geschlechtsreife bevölkern die Käfer zumeist pärchenweise die Blattoberseite.

Die Weibchen werden als solche von den Männchen erst wahrgenommen, wenn sich beide auf wenige Zentimeter genähert haben. Man kann dann ein kurzes, lebhaftes Fühlerspiel beobachten, auf das die Copula in der für Chrysomeliden typischen Reitstellung des Männchens folgt. Vor der Copula wendet das Männchen außer dem „Trillern" mit den Fühlern ein weiteres Reizmittel an: ein eigenartiges „Klopfen". Das auf dem Weibchen sitzende Männchen zieht ruckartig alle Beine an, ohne jedoch die Tarsen von der Unterlage zu lösen, und schlägt so mit seiner Ventralseite auf den Körper des Weibchens. In der Sekunde erfolgen etwa 4 Schläge, das Klopfen kann jedoch auch verlangsamt sein. Nach etwa 10 aufeinanderfolgenden Schlägen tritt in der Regel eine kurze Pause ein.

Einmal konnte ein Männchen allein beim „Klopfen" auf einer Blattoberseite beobachtet werden. Es befand sich in etwa 1,5 cm Entfernung von einem Pärchen, dessen Männchen gerade klopfte und dadurch wohl auch dieses in der Nähe befindliche Männchen zu gleicher Verrichtung reizte.

Die Dauer der eigentlichen Copula schwankte zwischen 14 und 62 Minuten. Oft wird sie schon nach $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde wiederholt, ohne daß das Männchen das Weibchen verlassen hätte. Das Männchen verbringt überhaupt einen großen Teil seiner Lebenszeit auf dem Rücken des Weibchens; selbst während der Herstellung der Eikammer verläßt es in der Regel das Weibchen nicht.

Bei Störungen spreizt das Männchen des öfteren schlagartig Alae und Elytren. Die Wiedereinfaltung erfolgt unmittelbar darauf. Es handelt sich offenbar um eine Schreck- und Abwehrreaktion.

Die ersten Pärchen kann man etwa 2 Wochen nach dem Schlüpfen der Käfer beobachten, also etwa Mitte August. Nur bei plötzlicher stärkerer Abkühlung geht der Bevölkerungsanteil an Pärchen zurück — nicht dagegen im Verlaufe des jahreszeitlichen Temperaturabfalles.

Durch den Wechsel der Tageszeit werden die Lebensäußerungen der Käfer kaum beeinflußt.

b) Fallireflex und Flugfähigkeit.

Der Schneeballkäfer besitzt — wie viele Blattkäfer — die Eigenschaft, sich bei Berührung oder Erschütterung tot zu stellen. Befinden sich die Käfer an einem Zweig, Blattstiel oder Blattrand, so werden die Beine angezogen. Die Tiere fallen und entgehen so leicht gewissen

Gefahren. Befinden sich die Käfer auf einem Blatt, so ändert sich ihr Verhalten. Da ein einfaches Anziehen der Beine erfolglos bliebe, suchen sie durch kräftiges Abstoßen über den Rand des Blattes hinweg zu gelangen. Gelingt dies nicht sofort, so wird der Versuch wiederholt. Nur in selteneren Fällen wird sich ein Käfer entschließen, auf dem Blatt, also offen vor einem etwaigen Feinde, in Thanatose zu verharren.

Das Verhalten während des Fallens selbst ist verschieden je nach der Fallhöhe. Leben die Käfer auf niedrigen Sträuchern, die zum Teil noch von hohem Gras überragt werden, so erreichen sie bald den Erdboden und verharren dort, bis die vermeintliche Gefahr vorüber ist, in Starrestellung. Ist jedoch die Fallhöhe beträchtlicher, so treten häufig die Flügel in Tätigkeit. Sie werden schnell gespreizt, und im Gleitflug landet der Käfer auf einem Blatt oder Zweig, oft wenig unterhalb seines eben verlassenen Platzes.

Die Flügel selbst waren bei allen untersuchten Tieren gut ausgebildet. Beim Weibchen erreichen sie bei einer Breite von durchschnittlich 2,9 mm eine normale Länge von 7,1 mm; beim Männchen sind die Maße etwa 2,3 bezw. 5,7 mm.

Trotzdem ist ein eigentliches freies „Fliegen" kaum zu beobachten. In freier Natur konnte es nicht festgestellt werden. Bringt man jedoch Käfer aus kühleren dumpfen Behältern in frische, sonnige Luft, so fliegen sie oft davon. Das Abfliegen selbst erfolgt ziemlich plötzlich. Der Flug ist stark steigend und ohne geradlinige Richtung — leicht taumelnd, wie der Flug der meisten Käfer.

In freier Natur dürfte der Käfer sich kaum zu einem wirklichen Flug aufraffen. Auch für das Aufsuchen der Weibchen kommt das Flugvermögen kaum in Betracht. Fängt man Käfer und hält sie in offener Hand frei in der Luft, so entschließen sich bei weitem nicht alle zum Abflug; häufig versuchen sie, sich laufend zu entfernen. Fliegen sie fort, so handelt es sich in der Regel nur um einen kurzen „Schwirrflug", und das Insekt landet nach meist sehr kurzer Zeit an dem nächstbesten Blatt oder Zweig.

c) Die Nahrungsaufnahme.

Der Fraß des fertigen Insekts ist ein typischer Lochfraß. Nur bei dem immergrünen mediterranen *Viburnum tinus* L. verursacht der Käfer zum Teil Fensterfraß, eine Erscheinung, die durch die sehr derbe Blatt-Cuticula erklärt wird. Der Fraß selbst erfolgt in der Weise, daß der Käfer zunächst das Blatt an einer Stelle durchbeißt und dann von dieser kleinen Öffnung aus abwechselnd nach rechts und links weiterfrißt (Abb. 1 a). Bevorzugt werden besonders *Viburnum*-Sträucher mit glatten, dünnen Blättern. Blätter mit derber Oberhaut und rauhhaariger Unterseite werden bei weitem nicht so gern als Nahrung angenommen. Gefressen werden die Blätter sämtlicher *Viburnum*-Arten. Bevorzugt werden naturgemäß auch hier die Arten, deren Blätter eine relativ feine Struktur besitzen. Im botanischen Garten in Dahlem

wurde der Käfer beobachtet auf *Viburnum opulus, V. molle, V. prunifolium, V. lantana, V. lentago, V. cassinoides, V. Carlesi.* Die Reihenfolge wurde nach der ungefähren Stärke der Blattzerstörung gewählt Sie bietet allerdings keinen Beweis für die tatsächliche Wertigkeit der betreffenden *Viburnum*-Arten als Nährpflanze für den Käfer. Gefressen wurden außerdem die Blätter von *V. rhytidophyllum, V. tomentosum, V. Sieboldii, V. tinus,* also alle erreichbaren Schneeballarten. Die Angabe Diecks in der Berliner entomologischen Zeitschrift, daß auch Lorbeer als Nährpflanze in Betracht komme, trifft nicht zu. Sie wurde schon von Weise angezweifelt und auf eine Verwechselung von Lorbeer mit *V. tinus* zurückgeführt. Die Fraßlöcher selbst besitzen im

Abb. 1a. Schema der Fraßmechanik. Die Zahlen geben die Reihenfolge der einzelnen Fraßabschnitte an, die Pfeile die Fraßrichtung.

Abb. 1. Fraß des Käfers an *Viburum opulus.*

Mittel eine Länge von 3,5 mm und eine Breite von 2,2 mm. Es kommen jedoch erhebliche Schwankungen vor. Die Fraßlöcher, die von dem Männchen verursacht werden, sind oft kleiner als die der Weibchen. Das Fraßloch selbst wird in etwa 20 Absätzen hergestellt. Das Fraßbild zeigt nicht immer nur typischen Lochfraß. Mitunter fressen die Käfer auch vom Rande bereits vorhandener Fraßlöcher her weiter. Es zeigt sich in diesen Fällen wieder das Bild des zusammengesetzten Lochfraßes (Abb. 1).

Etwa 4—6mal nehmen die Käfer am Tage Nahrung zu sich. Durch die Tageszeit selbst wird die Nahrungsaufnahme nicht beeinflußt. Ebenso ist ein merklicher Unterschied in der Zahl der Fraßlöcher je Tier und Tag zwischen Männchen und Weibchen nicht feststellbar. Als Nahrung wird von den Käfern auch Rinde von jungen Zweigen aufgenommen. Besonders die Weibchen verursachen an Trieben oft Platz-

fraß. Ebenso nehmen sie bei der Herstellung der Eikammer in grünen Zweigen stets Rinde auf. In geringerem Maße fressen sie dabei auch Holzfasern und Mark. Sind die Blätter eines Strauches durch den Fraß der Käfer zerstört, so bildet Rinde die ausschließliche Nahrung der noch vorhandenen Bevölkerung. In freier Natur konnte einwandfrei beobachtet werden, daß sich Käfer unter solchen doch keineswegs günstigen Verhältnissen noch über drei Wochen auf völlig kahlen Sträuchern aufhielten.

d) Verhalten gegen Witterungseinflüsse.

Da die Lebenszeit des fertigen Insektes von Ende Juli bis in die letzten Tage des Oktober sich erstreckt, ist der Käfer weitgehenden Temperaturschwankungen ausgesetzt. Neben — für unsere Breiten — höchsten Wärmegraden werden im Oktober in der Regel schon Nachtfröste und Reifbildungen erreicht. Aber trotz dieser erheblichen Temperaturspanne liegt der Käfer von Mitte August bis in späte Oktobertage hinein, wenn Reif und Wind die Schneeballsträucher fast völlig entblättert haben, unermüdlich seinem Fortpflanzungsgeschäft ob. Diese Unempfindlichkeit gegen Temperaturschwankungen ist beachtlich.

Bei Gefäßversuchen waren den Käfern in feuchtigkeitsgesättigter Luft Temperaturen über + 25 ° C bei direkter Sonnenbestrahlung offensichtlich unangenehm. Sie krochen dann an der der Sonne abgekehrten Seite zwischen Schneeballblätter und Glaswand, wo sich in der Regel Niederschlagswasser sammelte, oder aber sie begaben sich auf den Erdboden und suchten hinter Steinchen und Erdkrümeln erträglichere Verhältnisse zu finden. Offenbar war dies aber nur die Folge der dampfgesättigten, stagnierenden Luft in den Versuchsgefäßen. In freier Natur dürften so extreme Verhältnisse nicht vorkommen.

Sehr trockene Luft ist dem Käfer nicht zuträglich. Da der Schneeballstrauch in freier Natur in der Regel an feuchten Plätzen zu finden ist, hat sich der Käfer einer ruhigen, gleichmäßig feuchten Luft weitgehend angepaßt.

Gegen Niederschläge ist der Käfer nicht sehr empfindlich. Bei Gewitterregen oder sonst starkem Schlagregen werden sie zwar in Massen von den Blättern gepeitscht, aber in der Regel hält sich ein beträchtlicher Teil auf dem Strauch. In Zweiggabelungen und besonders zwischen aufeinanderliegenden oder infolge zu starken Fraßes vertrockneten und zusammengerollten Blättern findet man die Käfer oft zu mehreren. Ist mit dem Regen stärkere Abkühlung verbunden, so verharren sie längere Zeit ganz ruhig in ihrer geschützten Lage; selbst dann, wenn diese Schlupfwinkel völlig durchnäßt sind, oder wenn sich zwischen Körper und Zweig Wasser angesammelt hat. Am Tage nach dem Regen ist in der Regel wieder die volle Besetzung des Strauches vorhanden. Der sehr niederschlagsreiche Sommer 1931 vermochte den Käferbefall in den Wäldern der Gemarkung Jeggeleben nicht nennenswert einzudämmen. Nur bei einem freier stehenden Gartenstrauch

konnte nach mehreren starken Gewitterregen eine sehr merkbare Verminderung der Bevölkerung festgestellt werden.

Starke Luftbewegung, besonders Zugluft, meidet der Käfer. Er bevorzugt ruhigere Luft, wie sie im natürlichen Lebensraum des Schneeballstrauches auch meistens geboten wird. Wenn nun im dichten Buschwald einige Zweige der Schneeballsträucher über ihre Umgebung hinaustreiben können, so bleiben diese in der Regel vom Fraß verschont. Der Käfer bevorzugt dann ganz offensichtlich die unteren, geschützten Strauchpartien. Und nur wenn diese kahl gefressen sind, wagt er sich auf die über den sonstigen Bestand hinausragenden Zweige, die für ihn offenbar eine Gefahrenzone darstellen.

e) Die Brutfürsorge.

Der Schneeballkäfer legt ausgesprochene Brutfürsorgeinstinkte an den Tag. Das Weibchen nagt nämlich in Zweige des Schneeballstrauches Löcher, legt Eier hinein und verdeckelt das ganze nestartige Gebilde.

Bevor die Mechanik der Brutfürsorgemaßnahmen erläutert wird, soll eine kurze Beschreibung der Eikammer erfolgen.

Aus der äußeren Betrachtung des fertigen Geleges und aus Längs- und Querschnitten ergibt sich folgendes Normalbild (angenommen ist eine normale Eikammeranlage an „hangenden Zweigen"): An den belegten Zweigen ist von dem Einest zunächst nur der Deckel sichtbar, der eine etwa birnförmige bis rund-ovale Form hat. Im Durchschnitt weist er ein Längen-Breitenverhältnis von 2,28 : 1,98 mm auf. Extreme waren 3,07 : 1,92 mm und 1,8 : 1,73 mm. Im unteren halbmondförmigen Teile erscheint die Verdeckelungsmasse dunkler und kompakter als im darüber befindlichen Teil (Abb. 2 a). Der obere Teil zeigt heller bräunliche Färbung und stark faserige Beschaffenheit; in Form eines Langovals etwa schiebt er sich in den dunklen halbmondförmigen Teil ein. Am oberen Ende ragt oft ein Faserbündel heraus, das jedoch mitunter von der Deckelmasse mit überlagert wird. Auf Längsschnitten (Abb. 2 b) wird erkennbar, daß die dunkle Deckelmasse an der der Eikammer zugekehrten Seite nach oben keilförmig ausläuft. Die faserigen Bestandteile dagegen nehmen nach oben hin an Mächtigkeit erheblich zu. Das Faserbüschel erweist sich als eine Aufsplissung des ursprünglich im Bereich der Höhlenöffnung vorhandenen Holzteiles des belegten Zweiges. An der unteren Höhlenbegrenzung ist der Holzteil glatt durchnagt. Die Rinde ist normalerweise in etwas größerer Länge abgeplätzt als die Höhlenöffnung weit ist. Das im Höhlenbereich ursprünglich vorhandene Mark fehlt. Die Länge der Gesamthöhle beträgt etwa 1,61 mm, die Länge der oberen Öffnung 1,32 mm. Extreme waren 0,99 und 2,04 mm für den Höhlenraum, und 0,75 und 1,79 mm für die Höhlenöffnung. Die Breite der Eikammer ergibt sich aus Querschnitten mit im Mittel 0,88 mm. Extreme waren hier 0,73 und

0,96 mm. Die Öffnungsbreite der Höhle beträgt 0,78 mm; ihre Grenzwerte waren 0,56 und 1,12 mm.

Die in Längsrichtung der Zweige liegenden Längsseiten der Eihöhle erscheinen auf den Querschnitten über das ursprüngliche Maß hinaus erhöht, sie sind gewissermaßen „hochgeknetet" (Abb. 2 c). Die Rinde ist in der Breite meist nicht weiter fortgefressen als die Höhlenöffnung weit ist.

Die Höhle selbst ist mit Eiern gefüllt. Diese liegen in einer Schicht oder in mehreren Lagen übereinander. Bei frischen Gelegen sitzen die Eier verhältnismäßig locker in der Kammer. Hebt man sie

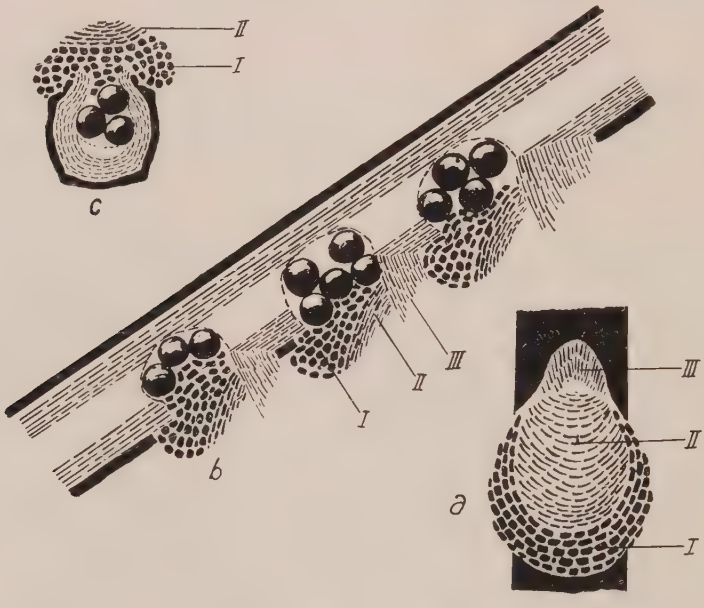


Abb. 2. Einester des Schneeballkäfers *Galerucella viburni* Payk. (schematisch).
a Aufsicht, *b* Längsschnitt, *c* Querschnitt der Gelege. *I.* Dunkler Deckelteil *II.* Heller faseriger Teil des Deckels. *III.* Aufgefaserter Holzteil = „Faserpfropf". ▬▬ Rinde. ═══ Holzteil der Zweige.

heraus, so löst sich meistens das ganze Gelege als einheitlicher Eiblock los. Die Eier sind also ziemlich fest miteinander verkittet. Nach außen hin werden die Eier von der Deckelmasse überlagert. Die Deckelmasse selbst ragt in der Länge und Breite um etwa 0,9 bezw. 1,2 mm über die Höhlenöffnung hinaus. Reißt man den Deckel von der Eikammer ab, so bleiben des öfteren Eier daran haften. Der von Keßler erwähnte „doppelte" Deckel konnte niemals festgestellt werden; er dürfte auf Austrocknungserscheinungen zurückzuführen sein.

Der ganze Bau der Eikammer ist für die embryonale Entwicklung von äußerster Zweckmäßigkeit. Die Feuchtigkeit selbst kleinster Niederschläge wird infolge der Eikammerlage und ihres Baues aufgefangen. Das Niederschlagswasser läuft naturgemäß an der hangen-

den Seite der Zweige abwärts. Auf diesem Wege wird es aber von dem Faserpfropf, der gewissermaßen als Schwamm wirkt, aufgefangen und allmählich der Eikammer zugeleitet. Auch der Deckel selbst unterstützt diese Wirkung, da er seitlich über die Zweigbreite meist noch hinausragt und dadurch auch das restliche Wasser auffängt. Für den normalen von der Feuchtigkeit abhängenden Entwicklungsgang der Embryonen sind diese Tatsachen von außerordentlicher Wichtigkeit. Eine übermäßig starke Ansammlung von Feuchtigkeit jedoch wird durch die meist „hangende" Anlage des ganzen Gelegenestes vermieden.

Die Auswahl der zur Eiablage benutzten Triebe richtet sich in der Hauptsache nach der Wuchsform der Sträucher. Bei kleinen Sträuchern der Bodendecke erfolgt die Eiablage häufig am älteren Holz (auch dreijährig und darüber). Die jungen Triebe sind hier in der Regel so schwach, daß sie kaum zur Anlage der Eikammern benutzt werden können. Die Gelege befinden sich oft in großer Zahl auch an den wenigen Haupttrieben der kleinen Sträucher. Teilweise sind die Eikammern gewissermaßen batterieweise in Reihen von 4—6 und mehr über die ganze Pflanze verteilt. Die Eihöhlen befinden sich hier wohl ausnahmslos an der hangenden Seite.

Treiben diese kleinen Sträucher bei günstigeren Bedingungen aufrecht wachsende Masttriebe, so werden diese in der Regel mit der Eiablage verschont, wenn sie mit älteren hangenden Trieben noch in Berührung stehen. Ist das jedoch nicht mehr der Fall, so erfolgt trotzdem eine, wenn auch stark abgeänderte, Anlage von Eikammern. Die weitaus meisten Höhlen werden dann im letzten Triebteil, also oberhalb des vorletzten Blattpaares, angelegt. Weiter unterhalb erfolgt die Eiablage nur vereinzelt. Werden die unteren Zweigteile, etwa bei Übervölkerung des Triebes, stärker belegt, so wird in der Hauptsache der an den belegten Spitzenteil anschließende Abschnitt mit Einestern versehen.

Da eine „hangende" Seite nicht vorhanden ist, werden die Eikammern regellos über die ganze Triebspitze verteilt. Dadurch wird naturgemäß die Anzahl der Gelege je Längeneinheit erheblich vergrößert. Sie steigert sich in den meisten Fällen auf 6 Gelege je Zentimeter. Der obere Triebteil wird durch diese große Zahl von Eikammern weitgehend in seiner Entwicklung gehemmt. Außerdem aber zerstören die Käfer in der Regel auch noch die Rinde an den nicht mit Gelegen besetzten Stellen des Triebes. Es findet dadurch gewissermaßen eine künstliche „Trockenlegung" der belegten Zweigspitzen statt. Eine zu starke Wundkallusbildung, durch die der Gelegedeckel abgedrückt und das Einest überwallt würde, wird dadurch verhindert. Eine genaue Ursache für diese Abänderung der Eikammeranlagen wird sich schwerlich angeben lassen.

Die Gelege selbst befinden sich sonst meist zu mehreren bis vielen nebeneinandergereiht an bestimmten Zweigen bezw. Zweigteilen (Abb. 3 u. 4). Bei den starkwüchsigen Schneeballsträuchern der An-

lagen wird an kräftigen Trieben in der Regel die Triebspitze an der hangenden Seite sehr dicht mit Einestern belegt und dadurch oft von weiterem Wachstum ausgeschaltet. Eine Beeinflussung der Wuchsform findet aber dadurch kaum statt. Auch die Stiele der Fruchtstände werden gern zur Eiablage benutzt. Die höchste Zahl der an einem Zweige festgestellten Gelege betrug 62; am häufigsten kommen 7 bis

Abb. 3. Zweig mit verdeckelten Einestern des Schneeballkäfers. (Vergr.)

a *b* *c* *d*

Abb. 4. Verschiedene Zweigformen mit Einestern. *a* und *b* Einester an aufrechten Masttrieben. *c* Einester in Reihenanordnung an einem hangenden Zweig. *d* Einester an älterem Holz.

12 Gelege nebeneinander vor. In normaler reihenförmiger Anordnung kommen etwa 3,8 Gelege auf 1 cm Zweiglänge.

Will nun das Weibchen zur Eiablage schreiten, so sucht es den „Legezweig" auf. Unter bedächtigem Abtasten mit den Fühlern wird hier eine noch freie geeignete Stelle für die Herstellung der Eikammer ausgesucht. Meist erfolgt die Anlage unmittelbar neben einem bereits vorhandenen Gelege, so daß nur noch ein kleiner Zwischenbalken von etwa 0,13 mm bleibt. Die Eikammern können auch direkt ineinander

übergehen oder größere Zwischenräume zwischen sich lassen (in „geschlossenen“ Reihen bis etwa 2,2 mm).

Das Weibchen steht bei der Anfertigung der Eikammer normalerweise kopfabwärts gerichtet. Die Angabe Rupertsbergers „Keine einzige Ausnahme von dieser Regel“ trifft jedoch nicht zu. Bei allerdings sehr zahlreichen untersuchten Gelegen konnten über 1 Dutzend „umgekehrte“ Verdeckelungen festgestellt werden. Ebenso konnten Weibchen bei der Anfertigung der Eikammer in umgekehrter Stellung, also kopfaufwärts gerichtet, beobachtet werden. Natürlich handelt es sich immer um verhältnismäßig seltene Ausnahmen (Abb. 5).

Das Weibchen beginnt die Anfertigung der Eikammer zunächst in der Weise, daß es die Rinde in einem Langoval von etwa 1,8 : 0,8 mm wegfrißt. Diese Tätigkeit ist in etwa 10—15 Minuten beendet. Darauf erfolgt die Auffaserung des Holzteils, und zwar so, daß das Weibchen mit den sehr festen Mandibeln den Holzkörper an einer Stelle anbeißt. Von dieser Stelle aus wird ein Faserstreif mittels der Mandibeln wie mit einer Kneifzange vom übrigen Holzkörper abgekniffen. Die Richtung des Abkneifens geht naturgemäß auf das nagende Tier zu. Dadurch wird die Faser gewissermaßen hochgeknetet und steht nach Beendung der Absplissung in schrägem oder rechtem Winkel vom übrigen Holzkörper ab. In äußerst mühseliger und beharrlicher Arbeit fasert das Weibchen so den ganzen Holzteil im Bereich der zu fertigenden Eikammer auf, und zwar in der Art, daß es mit dem Absplissen allmählich weiter unten beginnt und gleichzeitig langsam tiefer in den Holzkörper eindringt. Ebenso greift es den Holzkörper seitlich an und erweitert so die Höhle nach unten zu.

Abb. 5. Weibchen des Schneeballkäfers *Galerucella viburni* Payk. *a* Weibchen bei der Herstellung der Eikammer. *b* Weibchen bei der Eiablage und Verdeckelung des Geleges.

Die Auffaserung des Holzteiles erfolgt jedoch nicht in einem Arbeitsgang. Mitunter wird diese Tätigkeit unterbrochen. Das Weibchen bearbeitet dann die Längswände der Kammer in der Art, daß der Rand von den Mandibeln umfaßt wird, eine Mandibel also frei sichtbar auf der Rinde erscheint. Unter heftigem Zukneifen der Mandibeln wird die Seitenwand der Eikammer um ein verhältnismäßig beachtliches Stück hochgeknetet. Die Knetspur ist auf der Rinde als Zerquetschungsfurche deutlich sichtbar. Sehr schön ist die Aufquetschung der Seitenränder auch bei der Anfertigung von Gelegekammern in Fließpapier zu sehen. Bei der Aufsplissung des Holzes werden naturgemäß auch einige Fasern völlig vom übrigen Holzteil getrennt. Oft fallen diese Teilchen aus der Höhle heraus, oder werden beim Akneifen weiterer Fasern mit

nach oben geschoben. Das von Rupertsberger[1]) angegebene „feste Andrücken" losgelöster Holzfasern ist nach meinen Beobachtungen die in Richtung auf das nagende Weibchen zu erfolgende Absplissung der Fasern selbst. Sondiert man mit einer Nadel den aufgefransten Teil, so fallen nur sehr wenig lockere Fasern heraus. Die weitaus meisten Absplissungen haben eben einen festen Zusammenhang mit dem übrigen Holzteil behalten.

Der Markkanal wird, wenn er mit zur Bildung der Höhle herangezogen wird, in entsprechender Weite einfach verzehrt.

Die ganze sehr beharrlich ausgeführte Arbeit der Eikammeranfertigung nimmt längere Zeit in Anspruch. Da die Höhlentiefe außerordentlich schwankt (bei Zweigen gleicher Dicke kann sie nur eben so tief reichen, wie die Rinde dick ist, oder sie kann bis in den gegenüberliegenden Holzteil sich erstrecken), ist auch die Zeit für die Herstellung der Eikammern eine sehr verschiedene. Die kürzeste beobachtete Zeit umfaßt 1 Stunde 50 Minuten, die längste 4 Stunden 38 Minuten. Die von Rupertsberger angegebene Zeit von 2—3 Stunden dürfte im großen Durchschnitt zutreffen. 10 beobachtete Anfertigungszeiten ergaben ein Mittel von 2 Stunden 50 Minuten.

Werden die Eikammern im trockenen Holz angefertigt, so wird die angetrocknete Rinde nur in Öffnungsweite der Eikammer beseitigt.

Nach Fertigstellung der Eikammer dreht sich das Weibchen herum. Nach kurzem Tasten mittels der vorgestreckten Legeröhre hat es meist bald die Höhlenöffnung gefunden. Darauf beginnt es sofort mit der Eiablage. Gleichzeitig erfolgt die Verdeckelung der Kammer. Eiablage und Verdeckelung erfolgen alternierend in mehreren Intervallen. Doch können bei der Verdeckelung Pausen eintreten, so daß dann die Verdeckelung in mehr Phasen erfolgt, als der Eizahl nach zu erwarten wäre. Während der Eiablage verhält sich das Weibchen ruhig. Bei Beginn der Verdeckelung, die nach der Ablage der ersten Eier einsetzt, sieht man aus der Analöffnung eine dunkle feuchtglänzende Masse von verhältnismäßig dünner Konsistenz austreten. Sie wird gegen den unteren Höhlenrand gepreßt und quillt noch etwa 0,5 mm darüber hinaus nach unten. Ebenso schwillt sie im weiteren Verlauf der Verdeckelung seitlich über die Höhlenöffnung hinaus. Während jeder Verdeckelungsphase krümmt das Weibchen das Abdomen mehrmals ein. Nachdem etwa die Hälfte des Deckels fertiggestellt ist, werden die ausgepreßten Exkremente etwas heller bräunlich und bedeutend faseriger. Durch die Bewegung des Abdomens erfolgt die bereits erwähnte Schich-

[1]) Rupertsberger, S. 341: „Zuerst nagt der Käfer ein Loch in die Zweigwand, wobei er aber die Nagespäne nicht ganz loslöst, sondern nur — wie schon bemerkt — bürstenförmig auffranst, dann erweitert er die Höhlung abwärts und nach innen fortnagend. Die entstandenen Nagespäne schiebt er von Zeit zu Zeit zurück an den aufgefransten Oberrand, und ich konnte deutlich bemerken, wie er durch wiederholte Andrücke mit dem Kopfe, dieselben dort festzustampfen sich bemühte."

tung der Verdeckelungsmasse. Die faserigen Bestandteile werden gewissermaßen auf die dunkleren kompakten Massen hinaufgeschoben. Ebenso erfolgt dadurch in manchen Fällen eine Einmischung des Faserpfropfes in den oberen Teil des Deckels. Der Faserpfropf kann jedoch ganz von der Deckelmasse freibleiben oder aber völlig davon überlagert werden. In der Regel geht er in seinem unteren Teil in den Deckel über. Der Zusammenhang zwischen Deckelmasse und Analöffnung bleibt während aller Eiablage- und Verdeckelungsphasen bestehen. Nach einiger Zeit erhärtet der Deckel zu einer festen Masse. Das Weibchen selbst bewegt sich während der ganzen Zeit normalerweise keinen Schritt vorwärts. Der Längenunterschied zwischen unterem und oberem Öffnungsrand der Eikammer wird bei der Eiablage und Verdeckelung durch die erhebliche Schrumpfung des Abdomens ausgeglichen.

Die von Rupertsberger für die Eiablage angegebenen 5 Minuten reichten bei den angestellten Untersuchungen niemals aus. Eiablage und Verdeckelung erfolgten im Mittel in 22 Minuten. Die Höchstzeit betrug 46 Minuten, die niedrigste 10 Minuten. Bei Tieren der Herkunft Jeggeleben ergab sich, daß Eiablage und Verdeckelung in etwa 3,6—4,4 Minuten je Ei erfolgten. Bei höherer Eizahl (Tiere der Herkunft Lietzensee) wurden einmal jedoch nur 1,6 Minuten je Ei für Verdeckelung und Eiablage festgestellt.

Die Angabe Rupertsbergers,[1]) daß die Verdeckelung nach der Eiablage erfolge, dürfte, ebenso wie die Beschreibung des ganzen Verdeckelungsvorganges, auf einer Fehlbeobachtung beruhen.

Nach Beendigung der Eiablage läuft der Käfer in der Regel davon, ohne sich weiter um das Gelege zu kümmern. Nur in selteneren Fällen erfolgt sogleich die Anfertigung einer neuen Kammer. Wird der Käfer bei der Eiablage gestört, so erfolgt die Ablage erst nach mehreren Stunden bis Tagen. Es werden nach der Störung meist größere Exkrementmassen, die der Verdeckelung dienen sollten, ausgestoßen.

Das Weibchen ist also imstande, die reifen Eier bei ungünstigen Ablagebedingungen und Störungen eine gewisse Zeit im Eihalter zu speichern. Standen dem Käfer Schneeballzweige nicht zur Eiablage zur Verfügung, so wurden auch Zweige von Forsythien und Haselnuß angenommen.

Die Zahl der Eier, die von einem Weibchen abgelegt werden, ist außerordentlichen Schwankungen unterworfen. Sie wird nicht nur

[1]) Rupertberger, S. 341: „Nach der Ablage der Eier fertigt der Käfer, ohne seine Stellung zu verändern, eine Decke über die Öffnung der Eihöhle. Er beginnt von unten an einen klebrigen Stoff, ähnlich wie die Kassiden es machen, manchmal mit Exkrementen vermischt, anzusetzen und fährt mit dieser Arbeit so lange fort, bis die Öffnung nahezu geschlossen ist und nur am oberen gefransten Ende noch eine kleine Spalte frei bleibt. Der Käfer führt durch diese Spalte rasch hintereinander wiederholt seine Hinterleibsspitze, bringt dabei wohl mittels des Klebstoffes die aufgespeicherten Nagespäne hervor und schließt mit ihnen die Öffnung ganz ab."

durch äußere Umstände beeinflußt, sondern beruht, wie Zuchtversuche einwandfrei ergaben, in der Hauptsache auf individueller Leistungsfähigkeit.

Die höchste Gelegezahl erreichte ein Weibchen der Herkunft Jeggeleben mit 93 Einestern. Da im Gelege durchschnittlich 5 Eier enthalten waren, ergab sich als höchste Eizahl 465. Bei den meisten Weibchen der Herkunft Jeggeleben lag die Zahl der Gelege um 50 herum, so daß sich eine durchschnittliche Eizahl von etwa 250 ergibt.

f) Der Darmtraktus in Beziehung zur Brutfürsorge.

Präpariert man den Darm eines Weibchens heraus und streckt ihn, ohne ihn übermäßig zu zerren, so ergibt sich eine Gesamtlänge von 20—24 mm. Der Darm ist also etwa 3,4mal länger als der Körper des Weibchens. Der Vorderdarm ist etwa 1,1 mm lang. Der Mitteldarm macht mit etwa 13—14 mm Länge den größten Teil der Gesamtlänge aus. Im Abdomen ist der Mitteldarm und auch der vordere Teil des Enddarms gewunden (Abb. 6). Der Enddarm selbst bildet in seinem letzten gestreckten Teil eine verhältnismäßig mächtige Erweiterung von etwa birnförmiger Gestalt. Vom Dünndarm aus geht die Erweiterung allmählich vor sich, während der Abschluß der Ampulle etwa in der Mitte des Rektums ziemlich plötzlich erfolgt.[1]) Die Weite des Darmes schwankt naturgemäß je nach dem Füllungszustand. Im Durchschnitt ist der Mitteldarm etwa 0,5—0,8 mm und der Enddarm etwa 0,4 mm weit. Um ein Bild von der Bedeutung der Ampulle für die Verdeckelungsmechanik zu erlangen, wurden Weibchen vom Blatt weg präpariert (also im Zustand normaler Fraßtätigkeit) (Nr. 1). Außerdem aber wurden auch Weibchen untersucht, die den Eikammerfraß beendet hatten, also unmittelbar vor der Verdeckelung der Eikammer standen (Nr. 2), endlich auch solche Weibchen, die die Eiablage und Verdeckelung gerade beendet hatten (Nr. 3). Bei den vom Blatt weg präparierten Weibchen zeigte die Enddarmampulle einen sehr unterschiedlichen Füllungsgrad. Weibchen, die unmittelbar vor der Verdeckelung standen, zeigten eine maximale Ausweitung des Enddarm-

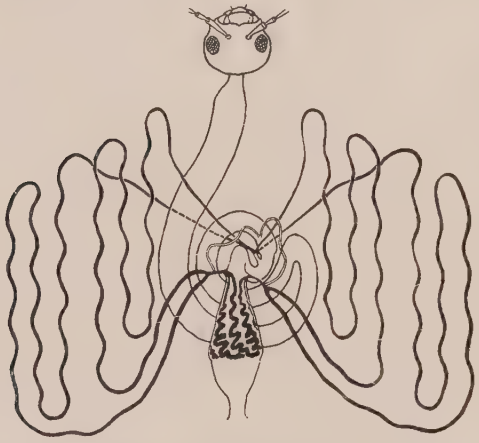


Abb. 6. Imaginaler Darmtraktus mit den Malpighischen Gefäßen (schematisch).
═══ kleine Gefäße. ——— große Gefäße und „Endstücke."

[1]) An der Bildung dieses Enddarmsackes sind also Dickdarm und ein Teil des Rektums beteiligt.

sackes. Die Weite erreicht Ausmaße von etwa 2,2 : 1,3 mm, im Verhältnis zur sonstigen Körpergröße gewiß sehr bemerkenswerte Ausdehnungen (Abb. 7).

Nach der Eiablage und Verdeckelung war die Ampulle erheblich geschrumpft und nahezu völlig geleert. Sie bleibt jedoch als solche auch fernerhin stets deutlich erkennbar.

Um über das Füllmaterial des Darmes und besonders der Ampulle und damit über die Bildungsweise der Deckelmaße näheren Aufschluß zu erhalten, wurde der Gesamtdarm auf einem Objektträger der Länge nach aufgeschnitten und der Inhalt mikroskopisch untersucht.

Bei Weibchen der Kategorie Nr. 1 (siehe oben) enthielt der Mitteldarm zumeist Blattreste, jedoch auch Rindenbestandteile. — In bezug auf den Enddarm und die Ampulle lagen entsprechende Verhältnisse vor.

Untersucht man den Darminhalt der oben mit Nr. 2 bezeichneten Weibchen, so ergibt sich ein wesentlich anderes Bild. Der Mitteldarm

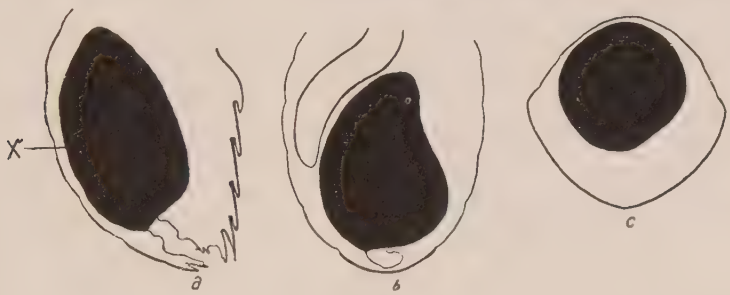


Abb. 7.

Schnitte durch das Abdomen eines Weibchens vom Schneeballkäfer kurz vor der Eiablage (schematisch). *a* Sagitalschnitt, *b* Horizontalschnitt, *c* Querschnitt, *x* der gefüllte Enddarmsack.

enthält nahezu ausschließlich helle Markbestandteile, dazwischen Holzfasern und nach dem Ende zu auch Rindenbestandteile. Die gesamten Reste der aufgenommenen Blattnahrung sind in der Enddarmampulle als dunkle klumpige Masse gespeichert, und zwar in der Hauptsache in den letzten zwei Dritteln der Erweiterung. Der Anfangsteil aber enthält bereits in erheblichen Mengen hellere faserige Bestandteile, in der Hauptsache Rindensubstanzen, daneben auch Holzfasern.

Weibchen nach der Eiablage, also solche der Gruppe Nr. 3, zeigten eine nahezu leere Enddarmampulle. Mark- und Holzfaserreste waren im Mitteldarm zum Teil noch vorhanden.

Aus diesen Befunden ergibt sich, daß der Enddarm als Speicherungsraum für die Verdeckelungsmasse dient. Es zeigt sich aber weiter, daß die während des Eikammerfraßes verzehrten Zweigteile den gesamten Darm in etwa 2—3 Stunden passieren. Um diese Beobachtung auch experimentell zu prüfen, wurden Weibchen zunächst nur bei Blattfütterung auf Fließpapierunterlage gehalten. Die in das Papier abgelegten Eier wurden ebenfalls verdeckelt. Die Deckelmasse bestand

in diesen Fällen ausschließlich aus dunklen kompakten Massen. Bringt man jedoch einige Weibchen, die längere Zeit nur mit Blattmasse gefüttert wurden, in einen Behälter, der Schneeballzweige enthält, so werden sie in der Regel bald zum Eikammerfraß schreiten, da die Eier infolge vorher ungünstiger Ablagebedingungen im Eihalter gespeichert wurden. Würden die während des Höhlenfraßes aufgenommenen Bestandteile der Rinde und zum Teil des Holzkörpers den Darm in der fraglichen Zeit nicht passieren, so müßte der Deckel ebenfalls ausschließlich dunkel erscheinen. Dies tritt jedoch, wie schon aus den anatomischen Befunden angenommen werden mußte, nicht ein. Es ergibt sich fast das normale Bild eines Deckels, nur erreicht der halbmondförmige dunkle Deckelteil eine etwas größere Ausdehnung, da die Weibchen normalerweise auch außer der Zeit des Höhlenfraßes Rinde aufnehmen. Macht nun das gleiche Weibchen ein zweites Gelege, ohne daß ihm Gelegenheit geboten war, Blattmasse zu sich zu nehmen, so nimmt der ganze Deckel eine helle faserige Beschaffenheit an. Diese eindeutigen Tatsachen bestätigen also völlig den anatomischen Befund.

Die Vasa malpighi weisen interessante Verschiedenheiten auf. Vorhanden sind 6 Gefäße: 4 lange und 2 kurze. Die 4 langen Malpighischen Gefäße nehmen ihren Ursprung hinter dem Pylorus, d. h. hinter der Übergangsstelle vom Mitteldarm zum Enddarm, von einer kleinen stielartigen noch mit Chitin ausgekleideten Ausbuchtung des Enddarmes und verlaufen dann in zahlreichen Windungen im Körper des Tieres. Schließlich vereinigen sich in jeder Körperhälfte je 2 zu einem gemeinsamen dünneren Gefäßabschnitt. An den Ventralseiten des Enddarmes schiebt sich etwa 0,3 mm hinter dem Polyrus je ein Verschmelzungsabschnitt unter die Peritonealhülle des Darmes ein. Die langen Gefäße erreichen je eine Länge von etwa 32 mm. Ihre größte Weite beträgt 0,1 mm. Im Anfangsteil jedoch sind sie nur etwa 0,06 mm weit. Die beiden kleinen Gefäße gehen vom Mitteldarm aus, und zwar etwa 0,4 mm vor dem Pylorus. Sie sind nur 3,6 mm lang und besitzen einen Durchmesser von etwa 0,05 mm. Jedes legt sich nach einigen schlangenförmigen Windungen dem gemeinsamen Verschmelzungsstück zweier langer Gefäße an. Die Gesamtlänge aller freien Malpighischen Gefäße beträgt etwa 134 mm, sie übertrifft damit die Körperlänge des Weibchens um etwa das 20fache. Unter der Peritonealhülle teilt sich jeder Gefäßstrang in drei Gefäße auf. Es müssen also auch die kleinen Malpighischen Gefäße an der Bildung der Enstücke beteiligt sein. Diese „Endstücke" verlaufen zunächst zwischen 6 Längsmuskelsträngen der Enddarmampulle. Sie sind bereits bald nach der Aufspaltung gewunden. Im unteren Drittel ihrer Länge gehen sie über die Längsmuskelstränge hinweg und legen sich in knäuelig verdickter Form dem unteren Rand des durch die solide Peritonealhülle auf der Enddarmampulle gebildeten Hohlmantels an (Abb. 6). Die genaue Länge der Endstücke ist nicht feststellbar; ihre größte Weite beträgt etwa 0,09 mm.

Sehr interessant sind nun die Befunde auf den Längsschnitten durch die Enddarmampulle. Es zeigt sich, daß die Endstücke in ihrem histologischen Bau verändert sind. Sie befinden sich in einem Hohlmantel, der durch Peritonealhülle und Ringmuskelschicht gebildet wird. Das Enddarmepithel selbst zeigt in dem unter dem Hohlmantel gelegenen Teil verhältnismäßig große, gut enwickelte Zellen mit großen Kernen. Es hat also physiologisch noch die Eigenschaften eines tätigen Epithels. Nach dem Darmlumen zu liegt eine chitinöse Membran. Soweit stimmen die Befunde mit Untersuchungen an anderen Blattkäfern, z. B. von Marcus untersuchten *Lina aenea*, überein. An der unteren Grenze des Hohlmantels jedoch ändert sich auch die Struktur des Darmepithels selbst. In ringförmiger Anordnung, also um den ganzen Darm herum, weichen die Zellen keilförmig auseinander und bringen damit den Hohlmantel in direkte Berührung mit der Chitinmembran (Abb. 8). Bei der Präparation des Chitinschlauches (Kalilaugenpräparat) reißt beim leichten Zerren der Chitinmantel an dieser Stelle auseinander.

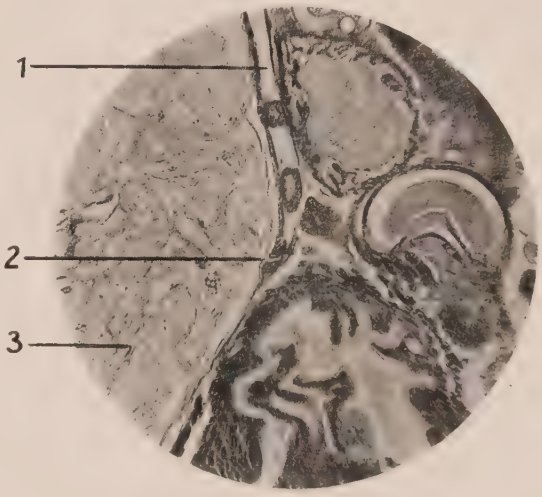


Abb. 8. Längsschnitt durch die Wandung der Endarmampulle eines Weibchens von *Galerucella viburni* Payk.
1 Der Hohlmantel mit 2 quergeschnittenen Malpighischen Gefäßen. *2* Die keilförmige Düse. *3* Die in der Ampulle gespeicherte Verdeckelungsmasse.

Um nun über die physiologische Bedeutung der Malpighischen Gefäße Klarheit zu gewinnen, wurde Indigokarminlösung in die Leibeshöhle injiziert. Die Ergebnisse gewährten bis zu einem gewissen Grade Aufschluß über die Funktion der einzelnen Gefäße und Gefäßabschnitte. Da bei den Larven die Gefäße übersichtlicher angeordnet sind, wurde in der Hauptsache mit diesen experimentiert. Die Käfer ergaben jedoch, wenn auch naturgemäß infolge größerer Verstrickung der Gefäße nicht so deutlich, das gleiche Bild. Öffnet man die injizierten Tiere nach einer bestimmten Zeit, so zeigt sich, daß die langen Malpighischen Gefäße exkretorisch tätig sind. Doch nimmt ein bestimmter Abschnitt, von ihrem Anfangsteil an gerechnet, nicht an der Exkretion teil. Der nichtexkretorisch tätige Teil der langen Malpighischen Gefäße weist erheblich kleinere und flachere Epithelzellen auf. Es hat den Anschein, als ob dieser Gefäßteil nur mehr als „Leitungsrohr" fungiert. Der Übergang von nichtexkretorischen zum exkretorischen Teil erfolgt je-

doch allmählich. Die kleinen Malpighischen Gefäße bleiben nach der Injektion farblos, wahrscheinlich wirken sie sekretorisch und leiten ihr Sekret dem Mitteldarm zu. Die Endstücke treten mit der Körperflüssigkeit nicht mehr direkt in Berührung.

Beim Öffnen einer chloroformierten, vorher mit Indigokarmin injizierten Larve konnte der Zusammenhang der Lumina in den Malpighischen Gefäßen durch die Strömung des durch die exkretorischen Gefäßabschnitte ausgeschiedenen Farbstoffes beobachtet werden. Der Inhalt der großen Gefäße strömte zu einem Teil in den gemeinsamen Stiel und ergoß sich also direkt in dem Enddarm. Ein anderer Teil aber strömte in Richtung auf die Endstücke zu. Die Farbstoffströmung zeigt nun deutlich, daß je 2 lange Gefäße zu einem einzigen Gefäß sich vereinigen. Es sind also nicht, wie für *Gnaptor* u. a. angegeben wurde, mehrere zusammenliegende Kanäle in dem sich unter die Peritonealhülle einschiebenden Verschmelzungsstück der Malpighischen Gefäße vorhanden. In dem Hohlmantel teilt sich der Farbstoffstrom entsprechend den vorhandenen Endstücken in drei Äste auf. Ein Zusammenhang der kleinen Malpighischen Gefäße mit dem Lumen des unpaaren Verschmelzungsstückes je zweier langer Malpighischer Gefäße ist nicht mehr festzustellen. Wäre er noch vorhanden, so hätte ein Ausweichen des Farbstoffstromes auch in Richtung auf das kleine Gefäß zu erfolgen müssen. Wahrscheinlich ist der ursprünglich vorhanden gewesene Zusammenhang sekundär verloren gegangen.

Da besondere Drüsen, die ein Klebesekret hätten liefern können, nicht gefunden wurden, dürfte das die Deckelfestigkeit bedingende Sekret den Malpighischen Gefäßen entstammen.

Die der Enddarmampulle anliegenden Endstücke der Malphighischen Gefäße dienen wahrscheinlich auch zur Regulierung des Wasserhaushaltes der Schneeballkäfer.

Für Chrysomeliden (Marcus) und *Lyctus linerais* Goeze (Kojima) wurde erst in letzter Zeit das innige Verhältnis zwischen den Malpighischen Gefäßen und dem Enddarm ebenfalls im Sinne eines physiologischen Zusammenhanges gedeutet. Die physiologische und ontogenetische Bedeutung des Zusammenhangs der Vasa malpighi mit dem Darm bei *Galerucella viburni* wurde in einer besonderen Veröffentlichung behandelt.

g) Die weiblichen Geschlechtsorgane.

Nach Stein gehören die Eierstöcke der *Galerucinae* dem büscheligen Typ an. *Galerucella viburni Payk.* jedoch macht hiervon eine Ausnahme. Es hat sich gewissermaßen eine Mittelstufe zwischen kammförmigen und büscheligen Eierstöcken herausgebildet. Die Eiröhren nehmen ihren Ursprung auf den schräg nach seitlich und vorn gerichteten, röhrigen Eierkelchen nicht wie bei dem kammförmigen Typ in einer geraden Linie seitlich vom Eierkelch, sie stehen vielmehr auf der dem Thorax zugewandten Seite der Eierkelche unregelmäßig ver-

teilt. Die Zahl der Eiröhren ist ziemlich beträchtlichen Schwankungen unterworfen. Beide Eierstöcke enthalten in der Regel nicht die gleiche Anzahl Eiröhren. In den meisten Fällen sind 10—13 Eiröhren je Eierstock vorhanden.

Die Eiröhren sollen nach Stein bei den *Galerucinae* dreifächerig sein. Mikroskopische Untersuchungen jedoch zeigen, daß sie bei *Galerucella viburni* in der Regel fünf- bis sechsfächerig sind. Die Länge der Eiröhre beträgt etwa 1,8 mm. Davon entfallen 0,45 mm auf die Endkammer. Die Endkammer endigt stumpf, ein Endfaden fehlt. Die beiden Eiergänge sind etwa 1,7 mm lang. Sie vereinigen sich zu einem verhältnismäßig großen Eihalter, der mit 5 mm Länge fast das durchschnittliche Körpermaß des Weibchens erreicht. Der Eihalter mündet ventral zwischen Vagina und Bursa copulatrix ein.

Die Gesamtlänge des weiblichen Geschlechtsapparates macht etwa 10 mm aus — also ungefähr das 1,6fache des Weibchens selbst.

Die normale Lage des Geschlechtsapparates im Abdomen geht aus Abb. 9 hervor. Der Eihalter liegt in der Regel der rechten Abdominalseite an. Selten kommen auch andere Lagen vor. Der Eihalter verläuft etwa bis zum Thorax nach vorn, biegt dann zur Mitte um und kehrt wieder bis zum vierten Abdominalsegment zurück. Von hier nehmen Eierstöcke in schräg nach seitlich und vorn gerichteter Lage ihren Ausgang.

Abb. 9. Weibliche Geschlechtsorgane in natürlicher Lage (schematisiert).

Der Eihalter und auch die Eiergänge sind bei legereifen Weibchen mehr oder weniger dicht mit Eiern gefüllt. Die Höchstzahl der gezählten Eier betrug 47, die niedrigste 9.

Die Eier selbst verfärben sich auf ihrem Weg durch Eiergang und Eihalter und werden dunkler.

Bei mikroskopischer Untersuchung zeigt sich, daß das gesamte Epithel der Eierkelche, Eiergänge und der vorderen Hälfte des Eihalters stark drüsigen Charakter besitzt. Bei legereifen Weibchen befanden sich fast alle Epithelzellen dieser Zonen in lebhafter sekretorischer Tätigkeit. Die Eiergänge und der Eihalter sind infolgedessen mit Sekret gefüllt. Die von den Eiröhren abgegebenen Eier sind also auf ihrem ganzen Weg von der späteren Kittsubstanz umgeben. Die Klebkraft des Sekrets ist verhältnismäßig groß. Dies zeigte sich deutlich bei Gelegen, die von den Weibchen in Blattstielen abgelegt wurden. Beim Ausnagen der Eikammern wird der Blattstiel mitunter völlig durchnagt. Die Eiablage erfolgt in diesen Fällen also in eine beiderseits offene Röhre. Dabei werden die Eier mitunter durch die Röhre hindurchgeschoben und treten an der gegenüberliegenden Seite in perlschnurartiger Anordnung zutage. Die Eier selbst haften auch in dieser Aufreihung ziemlich fest aneinander.

Kurz vor dem Übergang in die Vagina befindet sich im Eihalter eine ringförmige Zone, die mit Chitinzähnchen versehen ist. Diese Häkchen sind nach innen zu gerichtet. Die Eier werden also bei der Ablage gewissermaßen „gegen den Strich" durch diese Zone hindurch befördert. Die Eier sind nun auf einer Polkappe skulpturiert. Wie später gezeigt wird, ist dies für das Schlüpfen der Larven wichtig. In den Gelegen ist die wabige Polkappe in den weitaus meisten Fällen der Höhlenöffnung zugekehrt, ist also nach oben gerichtet. Wahrscheinlich bewirken die Chitinhäkchen am Ende des Eihalters eine entsprechende Drehung der Eier, indem sie hinter die Leisten des Chorions greifen und so gewissermaßen als „Gleichrichter" dienen.

4. Das Ei und die Embryonalentwicklung.

Frisch abgelegte Eier sind nahezu kugelig. Ihre Farbe ist dunkelgelb bis bräunlich. Auf eine Polkappe zeigt das Chorion eine ausgeprägt wabige Skulptur (Abb 10).

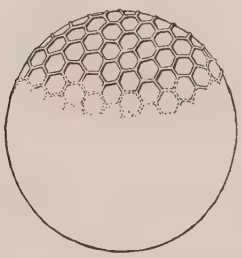


Abb. 10. Ei des Schneeballkäfers *Galerucella viburni* Payk. mit wabig skulpturierter Polkappe.

Das Durchschnittsmaß frisch gelegter Eier ist 0,42 : 0,40 mm (Verhältnis 1,05 : 1).

Naturgemäß kommen auch bei der Eigröße Schwankungen vor. Gemessene Extreme waren 0,40 : 0,33 und 0,46 : 0,41 mm. Ausgesprochene Kümmereier wurden nicht gefunden.

Die Überwinterung der Eier erfolgt im Keimstreifstadium.

Eine schnellere Weiterentwicklung des Embryo erfolgt erst verhältnismäßig spät, etwa von Ende März an. Die Eier nehmen mit dem Fortschreiten der Embryonalentwicklung besonders in der Längenausdehnung zu. Am 8. April gemessene Eier zeigten Durchschnittsmaße von 0,65 : 0,58 mm.

Das Längen-Breiten-Verhältnis hat sich damit bereits auf 1,12 : 1 verschoben. Grenzmaße waren 0,60 : 0,53 und 0,69 : 0,60 mm.

Kurz vor dem Schlüpfen zeigen die Eier die größte Längenausdehnung. Da die Eier sich in der Eikammer nicht nach allen Seiten frei ausdehnen können, nehmen sie alle möglichen, selbst eckige Formen an. Es wird dadurch aller etwa noch freie Raum ausgefüllt.

Während frisch abgelegte Eier verhältnismäßig locker in der Kammer liegen und sich auch leicht herausheben lassen, wird dies bei Eiern, die fast schlupreife Larven enthalten, schwieriger. Die Eier keilen sich gewissermaßen gegenseitig fest, eine für den Schlüpfvorgang wichtige Tatsache. Das Durchschnittsmaß schlupfreifer Eier ist 0,68 : 0,58 mm. Die Breitenausdehnung hat also nicht mehr zugenommen, da sie durch die Enge der Eikammer unmöglich gemacht

wird. Das Längen-Breiten-Verhältnis erreicht seinen Grenzwert mit 1,18 : 1. Gemessene Extreme waren 0,62 : 0,57 und 0,76 : 0,65 mm.

In freier Natur werden diese Verhältnisse in der Regel Ende April bis Anfang Mai erreicht.

5. Der Schlüpfvorgang.

Anfang Mai erfolgt in freier Natur das Schlüpfen der Larven. Die Hauptschlupfzeit kann sich je nach Witterungsverlauf auch um eine gewisse Zeit verschieben. Das Austreiben der Schneeballsträucher ist aber eine Funktion der gleichen Witterungsbedingungen. Die jungen Larven erscheinen auf diese Weise immer dann, wenn die Schneeballsträucher das erste bis zweite Blattpaar gebildet haben. In den Wäldern der Gemarkung Jeggeleben konnte weiter festgestellt werden, daß auf sonnigen Kahlschlägen das Schlüpfen um fast eine Woche früher erfolgte als auf Schattensträuchern.

Der Schlüpfvorgang selbst vollzieht sich, da die Eier in einer verdeckelten Kammer untergebracht sind, nicht so einfach wie bei den freiabgelegten Eiern der meisten anderen Blattkäfer. Die junge Larve muß, wenn sie das Tageslicht erreichen will, sich aus dem Chorion und zum Teil aus der Höhlenverdeckelung herausnagen.

Für den Schlüpfvorgang ist darum die wabig skulpturierte Polkappe von außerordentlicher Wichtigkeit, weil durch sie das Chorion versteift wird, und es der Larve so ermöglicht ist, die Eischale an einer vorgezeichneten Stelle zu durchnagen. Wäre die „Abstrebung" der Polkappe durch die Skulpturleisten nicht vorhanden, so würde das Chorion vor den Mandibeln zurückweichen und dadurch das Schlüpfen sehr erschweren. Allerdings kann die Eischale auch an anderer Stelle durchnagt werden; es ist dies aber immer eine seltenere Ausnahme, die dadurch ermöglicht wird, daß das Ei an der betreffenden Stelle fest gegen die Höhlenwandung oder ein anderes Ei gepreßt war.

Einige Male wurde auch beobachtet, daß Larven beim Durchnagen des Chorions noch die Schale eines danebenliegenden Eies mit zerstörten. Ein Eingehen der Nachbarlarve konnte jedoch nicht festgestellt werden. Da die Larven eines Geleges meist innerhalb verhältnismäßig kurzer Zeit schlüpfen, wird die Larve durch die teilweise Zerstörung ihrer Eihülle nicht mehr ernstlich bedroht.

Die weitaus meisten Eier sind mit ihrer skulpturierten Kappe der Höhlenöffnung zugewendet. Wodurch dies bedingt wird, läßt sich einwandfrei nicht erklären. Vielleicht dient ein am Ende des Eierganges gelegener Hakenkranz bei der Eiablage als „Gleichrichter".

Der eigentliche Deckel wird nicht durchnagt. Durch die Witterungseinflüsse hat er sich meist etwas gelockert. An grünen Zweigen zeigen sich um die Schlupfzeit bereits Wundkallusbildungen, die den Deckel gewissermaßen vor sich herschieben. Endlich wird durch die während der Embryonalentwicklung erfolgende Vergrößerung der Eier

der Deckel ebenfalls etwas angehoben. Die Larven werden also beim Schlüpfen durch den Deckel in der Regel keinen übergroßen Widerstand mehr finden.

Das Herausnagen aus Chorion und Eikammer nimmt mehrere Stunden in Anspruch. Schon allein das Durchnagen der Eischale dauert in der Regel über $1^1/_2$ Stunden. Das Chorion wird hierbei in fast der ganzen Ausdehnung der skulpturierten Kappe in außerordentlich ausdauernder Arbeit völlig zerschrotet. Der Larve macht es danach keine wesentlichen Schwierigkeiten, aus dem Chorion herauszukriechen. Ist auch noch der Deckelrand oder sind einige Holzfasern der Gelegekammern (bei Eiern am Rande des Geleges kommt dies vor) zu durchnagen, so findet man die auf dem Zweig erscheinenden jungen Larven oft mit Nagespänen bedeckt. Die schlüpfenden Larven sind stets völlig ausgefärbt.

Für eine normale Entwicklung ist eine verhältnismäßig hohe Feuchtigkeit unerläßlich. Das Schlüpfen zieht sich in freier Natur nicht über eine sehr lange Zeit hin. Der weitaus größte Teil der Larven schlüpft innerhalb weniger Tage. Auch der Unterschied im Schlüpfprozeß sonniger und schattig-kalter Lagen erstreckt sich nicht über erheblich lange Zeit, nach Freilandbeobachtungen keineswegs über zwei Wochen. Die gegenteilige Angabe Keßlers dürfte nur auf einer Annahme beruhen.[1]) Auch im Laufe der Larven- und Puppenentwicklung verschiebt sich die Gleichzeitigkeit der Entwicklungsphase einer Bevölkerung nicht wesentlich.[2]) Zwischen dem Larvenfraß und dem Erscheinen der Käfer liegt immer eine Zeit von mindestens 4 Wochen. Für die Ausbreitung des Schneeballkäfers ist dies außerordentlich wichtig, da die Sträucher in gleicher Zeit neues Laub bilden können.

6. Biologie der Larve.

a) Größe, Form und Farbe.

Der Schneeballkäfer besitzt drei Larvenstadien. Die Form aller Larven ist walzenförmig mit abgeplatteter Ventralseite. Frisch geschlüpfte und frisch gehäutete Tiere verjüngen sich nach dem Abdomi-

---

[1]) Keßler, S. 63: Eier „aus denen im Frühjahr die Larven nicht in kurzer Zeit und großer Menge, sondern nach und nach in der Art hervorgehen, daß man sie vom verschiedenen Alter und darum in verschiedener Größe die jungen Blätter des Schneeballstrauches längere Zeit hindurch zerstören sieht, und daß die Zeit zwischen dem Einkriechen der letzten Larve in die Erde und dem Erscheinen des ersten Käfers, also die Unterbrechung des Blätterfressens eine kurze ist, so daß auf diese Weise das ganze Blattwerk eines Strauches während eines Sommers vollständig vernichtet werden kann. In diesem Umstand mag auch die irrige Ansicht ihren Grund haben, daß G. v. jährlich in 2 Generationen erscheine“ (Taschenberg).

[2]) Im Frühjahr 1933 war die Entwicklung der Schneeballkäfer in Heggeleben so gleichförmig, daß zuerst nur Larven des I. und II. Stadiums, danach nur Larven des II. und III. Stadiums gleichzeitig beobachtet werden konnten!

nalende zu etwas. Larven am Ende eines Entwicklungsstadiums zeigen die Abdominalverjüngung nicht mehr; oft werden die mittleren Abdominalsegmente dann sogar etwas breiter als die Brustsegmente. Frisch geschlüpfte Larven haben sämtlich eine ziemlich gleichmäßige Größe; sie sind 1,43 (1,31—1,6) mm lang und 0,41 (0,35—0,44) mm breit. Gegen Ende der Larvenentwicklung aber tritt ein immer stärkerer Größenunterschied hervor. Larven am Ende des I. Stadiums sind 2,41 (2,22 bis 2,61) mm lang und 0,70 (0,67—0,8) mm breit; am Ende des II. Stadiums sind die Maße 4,19 (3,7—4,63) mm bezw. 1,33 (1,23 bis 1,47) mm. Bei ausgewachsenen Larven kann man zwei Größentypen unterscheiden, die im allgemeinen durch Geschlechtsdimorphismus bedingt werden. Die Länge schwankt zwischen 6,55 und 8,74 mm, die Breite zwischen 2,12 und 2,62 mm. Kleine (männliche) Larven sind im Durchschnitt etwa 7,3 mm lang und 2,25 mm breit, große (weibliche) Larven weisen dagegen eine mittlere Länge von 8,1 mm und eine mittlere Breite von 2,5 mm auf. Doch kommen alle Übergänge vor. Gemessen wurden je 50 Larven kurz nach dem Schlüpfen, am Ende des I., II. und III. Entwicklungsstadiums. Frisch geschlüpfte Larven wurden vor dem Messen nach Petrunkewitsch fixiert, da sie sonst schlecht zu messen waren. Sie dürften dadurch um etwa 10 % zu lang erscheinen. Die übrigen Entwicklungsstadien wurden lebend gemessen, da kürzere Zeit vor der Häutung das Messen sich leichter ermöglichen läßt.

Abb. 11. Larve des III. Stadiums vom Schneeballkäfer *Galerucella viburni* Payk.

Die Grundfarbe der Larve ist grünlichgelb, kleinere Farbschwankungen, besonders ins Weißliche, kommen mitunter vor. Außerdem zeigt die Larve mehr oder minder dunkle chitinige plattenartige Hautbildungen, die zum größten Teil beborstet sind. Ihre Anordnung geht aus Abb. 11 hervor. Die von Keßler gegebene Beschreibung der Larve stimmt hiermit nicht ganz überein.

Das erste Brustsegment bildet einen Nackenschild aus, unter das der verhältnismäßig sehr kleine Kopf in der Ruhe etwas zurückgezogen wird. Die Chitinbildungen des 9. Abdominalsegments sind zu einer einheitlichen Platte verschmolzen.

Die Angabe Keßlers: „Die Larven sehen, wenn sie noch ganz jung sind, ohne Lupe betrachtet, fast schwarz aus. Nach jeder Häutung werden sie heller" trifft nicht zu. Bei Larven des I. Stadiums sind die chitinigen Abzeichen heller als bei den übrigen Larven. Außerdem erscheinen die II. und III. Larve, wenn sie nach der Häutung ausgefärbt sind, sehr dunkel, mitunter fast schwarz. Erst am Ende jedes Entwicklungsstadiums tritt die Grundfarbe stärker hervor, da die dunklen

Chitinabzeichen dann infolge Dehnung der Haut auseinander weichen. Die in der Mittellinie verlaufende Teilung des Halsschildes und die auf dem 2. und 3. Brustsegment erfolgte Trennung der mittleren Chitinplatten ist offenbar eine Anpassung an die Häutungsvorgänge. Bei den Häutungen reißt die Larvenhaut nur im Bereich dieser median geteilten Chitinplatten auf.

b) Allgemeines Verhalten.

Die Larven halten sich bei ausgebreiteten Blättern an der Unterseite der Blattspreite auf.

Sind die Blätter noch teilweise gefaltet, so wird auch die gefaltete Oberseite als Schlupfwinkel angenommen. Den einmal eingenommenen Platz verläßt die Larve verhältnismäßig selten; wenn sie es jedoch tut, wandert sie meist nur zum nächsten Blatt. Bei dünn bevölkerten Sträuchern ist der Fraß daher in der Regel stark lokalisiert. Bei stark zerfressenen Blättern halten sich auch Larven auf der Oberseite der Blätter auf.

Im allgemeinen sind die Larven träge. Bei Berührung zeigen sie kaum eine Reaktion. Will man sie entfernen, so halten sie sich an der Unterlage fest, sowohl mit dem Nachschieber und den Beinen, als auch mittels der Mandibeln.

Erwähnt werden soll hier gleichzeitig die Fortbewegung der Larve. Sie ist von B r a ß in seiner Untersuchung über den Enddarm der Käferlarven als Bewegungsorgan geschildert. Die von B r a ß gemachte Angabe, die sich in diesem Falle auf einen nahen Verwandten bezieht (*Agelastica alni*), daß der Nachschieber nur von ausgewachsenen Larven wirklich intensiv zur Fortbewegung benutzt werde, trifft für den Schneeballkäfer nicht zu. Schon die ganz jungen eben geschlüpften Larven benutzten regelmäßig das Pygopodium zur Fortbewegung. Ausnahmen konnten in keinem Falle festgestellt werden. Ein Unterschied in der Fortbewegung zwischen Junglarve und ausgewachsener Larve besteht lediglich insofern, als junge Larven das Abdomen in genauer Mittellinie einkrümmen, während Larven, die kurz vor der Verpuppung stehen, das Abdomen erheblich seitwärts krümmen. Bedingt wird dies durch die großen Fettspeicherungen im Körper der verpuppungsreifen Larve. Dadurch wird ein starkes Durchkrümmen des Abdomens fast unmöglich gemacht.

Die Kletterfähigkeit der Larven wird durch stark gebogene spitze Krallen und durch je ein Haftläppchen an den Beinen sehr gefördert. Mittels Nachschieber und Haftläppchen kann sich die Larve sogar an der Unterseite waagerechter Glasplatten fortbewegen.

c) Die Fraßtätigkeit.

Beim Fraß der Larven handelt es sich ebenfalls um Lochfraß, doch ist seine Ausprägung oft nicht so typisch wie beim fertigen Insekt.

Die Larven des I. Stadiums verursachen in der Regel „Fensterfraß", d. h. sie fressen von der Unterseite her das Blattparenchym bis

auf die Oberhaut fort. Mitunter geht der Fensterfraß auch von der Oberseite aus (bei etwas gefalteten Blättern). Bei ganz jungen, noch gefalteten und bei sehr zarten, schon ausgebreiteten Blättern erfolgt jedoch von vornherein Lochfraß und zwar in typischerer Ausprägung als bei Larven des III. Stadiums. Im II. Stadium finden wir normalerweise Lochfraß (Fensterfraß nur noch bei sehr derbhäutigen dickeren Blättern).

Bei Larven des III. Stadiums, die naturgemäß ein weit stärkeres Nahrungsbedürfnis haben, erscheint das Fraßbild meist als ein zusammengesetzter Lochfraß, da die Larven häufig vom Rande der genagten Löcher her weiterfressen (siehe Abb. 12).

I. II. III.

Abb. 12. Fraß der Larve des Schneeballkäfers *Galerucella viburni* Payk. an *Viburum opulus* im I., II. und III. Stadium.

Die Nahrungsaufnahme erfolgt während der ganzen Tageszeit in etwa stündlichen Intervallen. Zwischen den Fraßmengen des Tages und der Nacht bestehen wesentliche Unterschiede nicht.

Als Durchschnittsnahrungsmenge für alle Stadien ergab sich bei stets ausreichender Nahrung und normaler Blattbeschaffenheit eine Blättfläche von etwa 6,6 cm^2.

Um auch die Fraßmenge „hungernder" Larven festzustellen, wurden Larven des III. Stadiums, die gerade wegen ihrer größeren Widerstandsfähigkeit für diesen Versuch besonders geeignet sind, unter Hungerbedingungen aufgezogen, so daß zwar keine Larve einging, die Larven sich aber fast dauernd auf Nahrungssuche befanden. Unter sonst gleichen Bedingungen wurde gleichzeitig ein „Mastaufzuchtsversuch" angestellt mit Larven des III. Stadiums, die dauernd ausreichende frische Nahrung erhielten. Die Mastlarven entwickelten sich in fünf Tagen und verzehrten in dieser Zeit 5,9 cm^2 Blattfläche je Larve: die Hungerlarven jedoch gebrauchten 8 Tage zur Erlangung der Ver-

puppungsreife. Sie konnten in dieser Zeit nur 3,2 cm² je Larve aufnehmen.

Die Mastlarven erreichten ein Gewicht von 0,016 g für große und 0,012 g für kleine Larven, während die Hungerlarven nur 0,01 g schwer wurden.

Dieser Versuch zeigt eine außerordentlich große Widerstandsfähigkeit der Larven gegen schlechte Nahrungsverhältnisse und die Möglichkeit der verhältnismäßig langen Hinauszögerung des Entwicklungsauschlusses.

Abb. 13. Rindenfraß der Larven des Schneeballkäfers *Galerucella viburni* Payk.
Die Blätter sind bereits vertrocknet und zusammengerollt.

Die enorme Ausnutzungsfähigkeit der Larve für vorhandene Nahrung tritt besonders deutlich zutage, wenn man Larven zusammen mit Zweigteilen und Blättern in Gläser tut und das Futter längere Zeit nicht erneuert. Es werden dann nicht nur die dünneren Blattrippen mitverzehrt, sondern die Larven schälen auch die jungen Triebe und fressen sich sogar in die Schnittstellen hinein. Gegen Fäulniserreger sind die Larven sehr widerstandsfähig. Die völlig zerfressenen Blattreste bilden mit dem Exkrementen der Larven bald eine braune faulige Masse; aber auch unter diesen unteroptimalen Bedingungen suchen die Larven noch immer brauchbare Nahrungsteile herauszufinden.

Larven des I. Stadiums allerdings sind weniger widerstandsfähig.

Im Freien werden bei Nahrungsknappheit die Blätter völlig skelettiert und auch die Rinde junger Triebe benagt (Abb. 13). Die wirkliche Hungerfähigkeit der Larven ist jedoch nicht sehr groß. Steht den Larven überhaupt keine Nahrung zur Verfügung, so gehen sie nach etwa 3 Tagen ein. Auch die Blütenstände des Schneeballs werden von den Larven zerfressen (Abb. 14).

d) Der Darmtraktus.

Der Darmtraktus der Larve weist im Prinzip den gleichen Bau auf wie der des fertigen Insekts (Abb. 15). Der Darm selbst ist etwa 11,6 mm lang, davon entfallen auf Vorder-, Mittel- und Enddarm etwa

Abb. 14. Fraß der Larve des Schneeballkäfers *Galerucella viburni* Payk. an Blüten von *Viburum opulus*.

0,46, 7,6 und 3,6 mm. Der Enddarm bildet am kaudalen Ende des Dünndarms ebenfalls eine birnförmige Ausweitung. Diese Ampulle dient in den Defäkationsintervallen zur Speicherung der Kotmassen. Sie zeigt nur eine Weite von etwa 0,52 : 0,4 mm.

Der Bau der Ampulle stimmt im wesentlichen mit dem des fertigen Insekts überein. Nur befindet sich hier der Düsenring am Ende der Ampulle. Das Rektum ist also bei der Larve nicht mehr an der Bildung der Enddarmausweitung beteiligt.

Die freien langen Malpighischen Gefäße sind je etwa 13,5 mm lang, die kurzen nur 2,1 mm. Ihre Gesamtlänge übertrifft mit 58,2 mm die Körperlänge der Larve somit um etwa das 7,5fache. Der Durchmesser der Gefäße ist größer als beim Käfer.

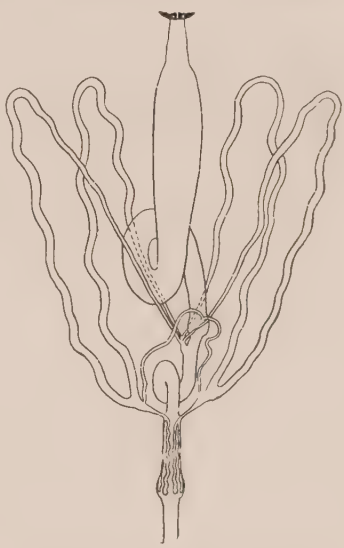


Abb. 15. Larvaler Darmtraktus mit den Malpighischen Gefäßen (schematisch).

Große Gefäße zeigten einen größten Durchmesser von etwa 0,17 mm — im Anfangsteil sind sie jedoch nur 0,08 mm weit. Die kleinen Gefäße sind etwa 0,06 mm dick. Die Endstücke selbst sind nicht so stark gewunden wie beim Käfer.

e) Verhalten gegen Witterungseinflüsse.

Da die Larvenzeit sich nur über eine bestimmte, sehr begrenzte Jahreszeit erstreckt, ist die Temperaturanpassungsfähigkeit der Larven bei weitem nicht so stark ausgeprägt wie beim fertigen Insekt. Bei Zuchtversuchen dauerte die gesamte Larvenentwicklung bei gleichmäßig + 23 bis + 25 ° C 13 Tage (3 : 5 : 5 Tage während der einzelnen Stadien). Ein anderer Versuch ergab unter gleichen Bedingungen 14 Tage (3 : 5 : 6). Bei + 18 bis + 20 ° C dauerte die Entwicklung 17 Tage (4 : 6 : 7 Tage). In freier Natur wird diese Zeit für die normale Entwicklung der Larven nur dann ausreichen, wenn während der Entwicklungszeit ausnehmend warme Nächte auftreten.

Unter + 15 bis + 16 ° C entwickeln sich die Larven überhaupt nicht, jedenfalls gingen sie bei Zuchtversuchen restlos ein. [1]) Da aber während des Mai die Nachttemperatur oft unter + 15 ° C sinkt, verlängert sich die Entwicklungszeit in freier Natur erheblich. Sie dürfte nur in seltenen Fällen mit 14 Tagen beendet sein. Setzt während der Schlupfzeit, die sich ja nur über eine verhältnismäßig kleine Zeitspanne erstreckt, kühles regnerisches Wetter ein, so erliegt ein großer Teil der jungen Larven den Witterungseinflüssen.

Gegen die Schlagwirkung des Regens sind die Larven im allgemeinen einigermaßen geschützt, da sie sich zumeist an der Unterseite der Blätter aufhalten.

Ältere Larven sind gegen längere Abkühlung widerstandsfähiger. Bei der im Mai 1932 erfolgten erheblichen Temperaturerniedrigung konnten im Freien nur vereinzelt eingegangene ältere Larven gefunden werden. Es handelte sich fast ausschließlich um Larven, die sich erst kurze Zeit vorher gehäutet hatten.

f) Die Verpuppung.

Sind die Larven verpuppungsreif geworden, so steigen sie strauchabwärts und suchen sich meist in der Nähe des Strauches einen geeigneten Verpuppungsplatz. Oft werden die bei der Fortbewegung bereits unbeholfen werdenden verpuppungsreifen Larven auch zur Erde fallen. In lockerem Waldboden wühlt sich die Larve einfach in den Erdboden ein. Ist die Erde fester, so werden die Mandibeln zu Hilfe genommen. So regelmäßig wie das Eindringen der Larve in den Erdboden von Keßler beschrieben wird, erfolgt es nach meinen Beobachtungen bei weitem nicht immer (wahrscheinlich nur bei festeren Bodenverhältnissen). Die Puppenwiege wird in sehr geringer Tiefe angelegt. Ausnahmen sind verhältnismäßig selten. Die tiefste Höhle befand sich 13,4 mm unter der Erdoberfläche. (Oberer Rand im Durchschnitt etwa 4,2 mm unter der Erdoberfläche.) Die Wandung der Wiege wird geglättet und mit einem Sekret zusammengekittet und abgedichtet.

---

[1]) In freier Natur vermögen sie sich aber, wie 1933 beobachtet werden konnte, auch sehr wohl bei tieferen Temperaturen zu entwickeln.

Dadurch wird bis zu einem gewissen Grade das Eindringen des Niederschlagswassers verhindert.

Die Herstellung der Puppenwiege scheint mehrere Tage in Anspruch zu nehmen, da noch nach 3 Tagen die Larven in der Höhle ihre Lage mehrmals änderten. Interessant war das Verhalten der Larven verschiedenen Bodenarten gegenüber. Zur Untersuchung dieser Verhältnisse wurden die Puppenbehälter jeweils mit 2 verschiedenen Erdsorten gefüllt, und zwar in der Weise, daß in die Mitte des Behälters ein Brettchen gezwängt wurde und darauf jede Hälfte mit einer anderen Erde gefüllt wurde. Danach wurde das Brettchen herausgezogen und die Öffnung leicht angedrückt. Es wurden verglichen:

1. Sand und Gartenerde,
2. Gartenerde und Mulm aus hohlen Weiden,
3. schwarze Moorerde und Lauberde und
4. lockere und festgedrückte Erde.

Bei diesen Versuchen wurden Moorerde und Sand fast gar nicht angenommen. Von 20 Larven verpuppten sich wohl nur infolge Platzmangels 2 in Moorerde. Zwischen Gartenerde, Lauberde und Mulm bestehen erwähnenswerte Unterschiede nicht.

Zwischen lockerer und festgedrückter Erde bestand ein Unterschied in der Annahme als Verpuppungsort nicht; nur in der Anlage der Puppenwiege zeigten sich merkliche Unterschiede. Im lockeren Boden wühlten sich die Larven zunächst ein und stellten die Puppenwiegen etwa 4,2 mm unter der Oberfläche her. Bei festgedrücktem Boden lockerten die Larven den Boden auf einer Stelle in der Art, wie es von Keßler angegeben wurde. Die Puppenhöhlen befanden sich dadurch fast auf gleicher Höhe mit der ursprünglichen Bodenoberfläche.

In pulvertrockener und in ausgesprochen nasser Erde fand eine Verpuppung nicht statt. Die Larven blieben auf der Erdoberfläche und gingen schließlich ein.

7. Die Dauer der Puppenentwicklung.

Die Dauer der Puppenentwicklung ist, wie bei anderen Insekten auch, abhängig von der Temperatur. Da die Verpuppung in der Erde erfolgt, unterliegt die Feuchtigkeit, wenigstens innerhalb kürzerer Zeit, meist nicht so erheblichen Schwankungen wie in der Außenluft.

Die Zeit zwischen dem Einkriechen der Larve in die Erde und dem Erscheinen des fertigen Käfers dauert bei etwa + 22 ° C rund 30 Tage. Davon entfallen etwa 16 Tage auf das Vorpuppenstadium. Während der ersten 3 Tage etwa arbeitet die Larve noch an der Fertigstellung der Puppenwiege. 11 Tage dauert das eigentliche Puppenstadium.

Während der restlichen 3 Tage hält sich der ausgebildete Käfer noch in der Puppenwiege auf, da er zunächst sehr hinfällig ist und sich nicht normal auf den Beinen zu halten vermag. Einige Käfer verließen erst nach 5 Tagen die Puppenwiege.

Bei + 30 ° C war schon nach 7 Tagen die Häutung zur Puppe vollzogen.

Bei + 18 bis + 20 ° C dauerte die Vorpuppenzeit dagegen 26 bis 30 Tage. Im Freien beträgt die Dauer der Puppenentwicklung etwa 6—8 Wochen.

Die Angabe Keßlers, daß das Erscheinen des Käfers „nicht in kurzer Zeit und großer Menge, sondern nach und nach in einzelnen Exemplaren" erfolge, trifft nur in bedingtem Maße zu. Der Hauptteil der Käfer erscheint auch im Freien innerhalb verhältnismäßig kurzer Zeit. Bei aus gleichaltrigen Larven sich entwickelnden Käfern verschiebt sich das Ausschlüpfen aus der Puppenwiege nur um wenige Tage.

Auch freiliegende Larven vermögen bei günstigen äußeren Bedingungen ihre Entwicklung zum Käfer zu beenden. In den meisten Fällen jedoch gehen sie an Verpilzung zugrunde.

8. Feinde und Parasiten.

Von den im Verlauf der Untersuchungen zur Biologie des Schneeballkäfers gefundenen Parasiten wurde die Schlupfwespe 1854 und 1858 von Kawall erwähnt und als *Pteromalus ooctonus* bezeichnet. Nach Professor Bischoff-Berlin ist aber der Parasit besser als *Tetrastichus ooctonus* Kawall zu benennen. Die Wespe selbst ist sehr klein. Die Größenunterschiede sind ziemlich beträchtlich. Die gemessenen Vollinsekten ergaben eine durchschnittliche Länge von 1,04 mm (ohne Legestachel). Die kleinste Wespe war nur 0,8 mm lang, die größte dagegen 1,3 mm.

Ab Mitte August etwa konnte der Parasit im Freien beobachtet werden. Besonders an warmen, sonnigen Tagen und dann vornehmlich in den wärmeren Tagesstunden waren die Tierchen verhältnismäßig zahlreich zu finden. Einmal konnten sogar 6 Schlupfwespen gleichzeitig auf nur 4 nebeneinander liegenden Gelegen beobachtet werden. Man trifft sie sowohl an ganz frischen Gelegen als auch an schon etwas älteren, deren Deckel bereits hart und trocken ist. Da die Wespe, um ihre Eier in die des Schneeballkäfers ablegen zu können, erst die Deckel der Gelege durchstechen muß, ist sie mit einem verhältnismäßig langen Legestachel ausgerüstet, der eine durchschnittliche Länge von 0,7 mm besitzt.

Die Durchstoßung des Deckels kann allerorts erfolgen, doch werden bereits trockene Deckel allem Anschein nach vorzugsweise vom seitlichen Rand her durchstochen, um zu den Eiern zu gelangen. Die Eiablage der Wespe einschließlich der Deckeldurchstoßung dauerte etwa 18—25 Sekunden.

Die Entwicklung der Schlupfwespenlarve scheint langsam vor sich zu gehen. Bei im Februar untersuchten Schneeballkäfereiern waren die Schlupfwespenlarven etwa 0,4 mm lang. Erst Ende April wurden ausgewachsene etwa 0,56 mm lange Larven gefunden.

Ebenso wie beim Wirtstier ist nur eine Generation vorhanden. Die Angabe Kawalls, daß die Schlupfwespe Anfang Juni gleichzeitig mit den Larven des Schneeballkäfers schlüpfe, stimmt mit meinen Beobachtungen keineswegs überein. Zur Schlupfzeit der Larven sind die Eiparasiten immer noch im Larvenstadium. Es wäre auch ziemlich unverständlich, wenn die zarte hinfällige Schlupfwespe 2 Monate früher erscheinen sollte, als sie zur Eiablage schreiten kann. Andere Gelege kommen aber für einen so weitgehend spezialisierten Eiparasiten wohl kaum in Frage.

Außer dieser Schlupfwespe fanden sich auch Milben als Eizerstörer in zahlreichen Gelegen. Es handelte sich um *Monieziella entomophaga* Laboulbène. In einigen Gelegen war fast der dritte Teil der Eier zerstört. Nach Angaben von Herrn Dr. Graf Vitzthum ist diese insektenfressende Milbe in den Gelegen des Schneeballkäfers bisher nicht gefunden. Die Gelege werden außerdem auch von anderen harmlosen pflanzenfressenden Milben aufgesucht, da sie offenbar eine gute Überwinterungsmöglichkeit darstellen.

Nur zwei- bezw. einmal wurden Neuropterenlarven bezw. Dipterenlarven unbekannter Art als Eischädlinge gefunden.

Die bei der künstlichen Zucht in den Gelegen öfter auftretenden Pilzwucherungen können hier übergangen werden, da sie in freier Natur wohl nur in seltenen Ausnahmefällen bestandsmindernd in Erscheinung treten. Die Larven sind, wie schon früher gezeigt wurde, gegen Verpilzung und Verjauchung weitgehend unempfindlich. Direkte Schädigungen durch pilzliche Parasiten konnten nur bei sehr geschwächten Larven beobachtet werden — entweder wenn die Larven durch Hunger fast eingegangen waren, oder aber wenn ihnen die Möglichkeit genommen war, sich eine Puppenwiege anzufertigen. Im Freien konnte in keinem Falle eine Verminderung des Larvenbestandes durch Parasiten beobachtet werden.

Der Käfer selbst erliegt bei Haltung in Zuchtgefäßen mit feuchtigkeitsgesättigter Luft oft in erheblichem Maße einem Pilz. In Frage kommt *Botrytis Bassiana* Bals., oder eine sehr nahe verwandte Art.

Der Pilz bildet bald nach dem Tode des Insekts einen sehr kurzrasigen rahmfarbigen Überzug auf dem Käfer.

Als Feind des fertigen Insekts kommt weiterhin eine Raubwanze — *Arma custos* Hhn. — in Betracht. Nach Stichel wurde diese Wanze nur auf Betula, Corylus, Salix, Quercus, Lonicera und Alnus gefunden. In der Altmark konnte diese Wanze aber in größerer Zahl auch auf Stockausschlägen von *Populus tremula* beobachtet werden. Sie stellte hier Käfern und Larven der Pappelblattkäfer (*Melasoma populi* und *M. tremulae)* nach. Außerdem wurde die gleiche Raubwanze im Jugendzustand auf Viburnum opulus gefunden, wo sie offenbar die zahlreich vorhandenen Schneeballkäfer verfolgte. Aller Wahrscheinlichkeit nach kommt dieses Raubinsekt auch als Larvenfeind in Frage.

9. Bekämpfungsmöglichkeiten.

In der Literatur wird in den meisten Fällen das Abschneiden der mit Gelegen besetzten Zweige als Bekämpfungsmaßnahmen empfohlen. An sich ist dies eine einfache Methode. Nur werden in den meisten Fällen nicht alle Gelege dadurch beseitigt, da sie infolge ihrer Kleinheit leicht übersehen werden können. Wirklich durchgreifenden Erfolg wird man am einfachsten durch Spritzmittel erzielen. Fraßgifte können gegen Larven und Käfer angewandt werden. Am zweckmäßigsten jedoch ist ein Spritzen mit Hautgiften etwa um Mitte Mai — also um die Zeit, wenn bereits alle Larven geschlüpft sind. Die Larven sind gegen Hautgifte (genauer ausprobiert wurde Exodin) in allen Stadien sehr empfindlich. Außerdem werden dadurch gleichzeitig die oft ebenfalls vorhandenen Blattläuse beseitigt.

Zu dieser direkten Bekämpfung ist um so mehr zu raten, als mit einer einmaligen Spritzung der Strauch für längere Zeit völlig gesäubert wird. Der Käfer tritt nur in einer Generation auf. Hat man also sämtliche Larven im Frühjahr vernichtet, was bei einfacher Beobachtung des örtlichen Entwicklungsstandes ein leichtes sein dürfte, so treten Käfer in der Regel nicht mehr im gleichen Jahre auf. Zum anderen aber sind die Tiere außerordentlich standortstreu. Eine Ausbreitung über weitere Strecken und damit eine eventuelle Zuwanderung aus weiter entfernten Gebieten ist eine sehr fragliche Möglichkeit. Es ist also gerade infolge dieser biologischen Besonderheiten des Käfers leicht, die Schädlinge in Anlagen und Gärten, in denen sie nahezu regelmäßig eine verwüstende Tätigkeit ausüben, für längere Zeit völlig zu vernichten.

Das gleichfalls empfohlene Umgraben und Feuchthalten des Bodens dürfte kaum einen durchgreifenden Erfolg zeitigen.

10. Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse.

1. Die Lebensvorgänge der Schneeballkäfer werden durch den Wechsel der Tageszeit nicht beeinflußt.
2. Die Imaginalperiode erstreckt sich von August bis Ende Oktober. Gegen die während dieser Zeit erfolgende jahreszeitliche Temperaturerniedrigung sind die Käfer bemerkenswert unempfindlich.
3. Das Männchen wendet vor der Copula außer dem „Trillern" mit den Fühlern ein weiteres Reizmittel, ein eigenartiges „Klopfen", an: Es zieht ruckartig alle Beine an, ohne die Tarsen von der Unterlage zu lösen, und schlägt dadurch mit der Ventralseite auf den Körper des Weibchens auf.
4. Bei Störung oder Beunruhigung spreizt das kopulierende Männchen schlagartig Alae und Flügeldecken. Es handelt sich offenbar um eine Schreck- und Abwehrreaktion.
5. Bei der Anlage der Eikammern wird die Rinde im Bereich der Höhle abgeplätzt, der Holzteil aufgefasert und das Mark verzehrt.

6. Eiablage und Verdeckelung erfolgen alternierend in mehreren Phasen.
7. Die Verdeckelungsmasse wird in einer besonderen Enddarmampulle gespeichert.
8. Die beim Eikammerfraß aufgenommenen Rindenteile passieren den Darmtraktus in 2—3 Stunden. Sie finden zum großen Teil noch bei Verdeckelung ein und derselben Höhle Verwendung.
9. Es sind 6 Malpighische Gefäße vorhanden, 4 lange und 2 kurze. Die kurzen Gefäße nehmen ihren Ursprung im Mitteldarm. Die langen entspringen auf einem gemeinsamen „Stiel". Je 3 Gefäße vereinigen sich zu einem Gefäßstrang, der sich unter die Peritonealhülle des Enddarms einschiebt.
10. Zwischen Peritonealhülle und Ringmuskelschicht fasern sich die Gefäßstränge im Bereich der vorderen Hälfte der Enddarmampulle in je 3 „Endstücke" auf. Die Endstücke legen sich in knäulig verdickter Form einer besonderen „Düsenzone" an.
11. Der untere Rand des Hohlmantels — etwa in der Mitte der Enddarmampulle — steht durch den Düsenkranz in direkter Kommunikation mit der Chitinintima, da das Darmepithel an dieser Stelle keilförmig auseinandergewichen ist.
12. Das Weibchen ist ausgezeichnet durch einen langen Eihalter, der fast Körperlänge erreicht. Er liegt etwas gewunden in der Regel der rechten Abdominalseite an.
13. Das Epithel der Eierkelche, Eiergänge und der vorderen Hälfte des Eihalters ist sekretorisch tätig. Das Sekret dient zur Verkittung der Eier in der Eikammer.
14. Am Ausgang des Eihalters befindet sich eine ringförmige Zone chitiniger Widerhaken, die wahrscheinlich als „Gleichrichter" bei der Eiablage dienen.
15. Die Eier sind auf einer Polkappe wabig skulpturiert. Die dadurch bedingte Absteifung des Chorions ist für den Schlüpfvorgang wichtig.
16. Die Anordnung der Gelege gewährleistet weitestgehende Ausnutzung der Niederschlagsfeuchtigkeit für die Embryonalentwicklung.
17. Die Embryonalentwicklung bleibt über 4 Monate auf dem Keimstreifstadium stehen.
18. Beim Schlüpfen zerschrotet die Larve die skulpturierte Polkappe des Chorions.
19. Die schlüpfende Larve ist fertig ausgefärbt.
20. Die Bekämpfung erfolgt auf Grund biologischer Besonderheiten am besten im Mai zur Zeit des Larvenstadiums durch Spritzen mit Hautgiften.

11. Literaturangabe.

Braß, P., Das zehnte Abdominalsegment der Käferlarven als Bewegungsorgan. Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik Bd. 37, S. 65. Jena 1914.

Dieck, G., Eine entomologische Winterkampagne in Spanien. Berliner entomologische Zeitschrift 14. Jahrg., S. 150.

Gorka, A. von, Experimentelle und morphologische Beiträge zur Physiologie der Malpighischen Gefäße der Käfer. Zoologische Jahrbücher, Abteilung für allgemeine Zoologie und Physiologie der Tiere 1914, Bd. 34, S. 233.

Kaltenbach, Die Pflanzenfeinde aus der Klasse der Insekten. Stuttgart 1874, S. 299.

Kawall, Mitteilung im Korrespondenzblatt des naturforschenden Vereins zu Riga. 7. Jahrgang, 1853—1854, S. 60/61.

— — Bericht in der Stettiner entomologischen Zeitschrift von 1858, S. 67.

Keßler, Beobachtungen über *Galeruca viburni* Payk. Berichte des Vereins für Naturkunde zu Kassel 1889, 34. und 35. Bericht, S. 54—63.

Köppen, Die schädlichen Insekten Rußlands. Petersburg 1880, S. 278.

Marcus, B. A., Untersuchungen über die Malpighischen Gefäße bei Käfern. Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere. Berlin 1930, Bd. 19, S. 609—676.

Möbus, A., Über den Darmkanal der Anthrenuslarve nebst Bemerkungen zur Epithelregeneration. Archiv für Naturgeschichte Bd. 1, Berlin 1897, S. 89 bis 128.

Ratzeburg, Forstinsekten.

Rupertsberger, Die Eier der *Galerucella viburni* Payk. Illustrierte Zeitschrift für Entomologie Bd. 5, Neudamm 1910, S. 340—342.

Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten Bd. V, 4. Aufl., 1928, S. 221.

Stein, Vergleichende Anatomie und Physiologie der Insekten. I. Die weiblichen Geschlechtsorgane der Käfer. Berlin 1847.

Stichel, Illustrierte Bestimmungstabellen der deutschen Wanzen. Berlin 1925, S. 35.

Taschenberg, Einführung in die Insektenkunde. Bremen 1879, S. 290/91.

Toshibumi Kojima, Beiträge zur Kenntnis von *Lyctus linearis* Goeze. Zeitschr. f. angew. Entom. Bd. 19, 1932, S. 325/26.

Weise, Naturgeschichte der Insekten Deutschlands. I. Abt. Bd. 6, Berlin 1893, S. 619—622.

Obstbaumkarbolineum als Schädlingsbekämpfungsmittel.

Von

W. Speyer, Stade.

Nachdem im Zoologischen Laboratorium der Stader Zweigstelle der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft seit geraumer Zeit alljährlich zahlreiche Versuche mit Obstbaumkarbolineen durchgeführt worden sind, deren Ergebnisse bisher nur in Dienstberichten niedergelegt wurden, dürfte es angebracht sein, jetzt auch weitere Kreise davon in Kenntnis zu setzen. Es ist allerdings nicht möglich gewesen, die hier biologisch geprüften Präparate gleichzeitig auch chemisch analysieren zu lassen. Unsere Feststellungen beziehen sich daher vornehmlich auf biologische Probleme und praktisch wichtige Fragen.

I. Obstbaumkarbolineum als Gift für Fische und Regenwürmer.

Vor Jahren (Speyer, 1927) hatte ich bereits mitgeteilt, daß bei den Obstbaumbespritzungen im Altenlande Fische und Regenwürmer dem von den Bäumen abtropfenden Obstbaumkarbolineum zum Opfer gefallen waren. Auch die Versuche von Holzinger (1927) habe ich damals zitiert. Inzwischen hat Konrich (1929) die Versuchsergebnisse von Neresheimer und von Marton mitgeteilt. Hiernach ist das von geteerten Landstraßen ablaufende Regenwasser äußerst giftig für den Fischbestand benachbarter Gewässer. In dem ablaufenden Regenwasser konnten Ammoniak, Ammoniaksalze, Phenole, Teerbasen und neutrale Kohlenwasserstoffe mit hohem Gehalt an naphthalinartigen Stoffen nachgewiesen werden. Meine Beobachtung von 1927 konnte van Poeteren (1933, S. 14) in Holland bestätigen. Nachdem mir Vorversuche im Frühjahr 1929 gezeigt hatten, daß Obstbaumkarbolineum in einer Verdünnung von 0,003 % stets tödlich auf Fische wirkte, führte ich in der Folge (Frühjahr 1930) einige weitere Versuche mit Obstbaumkarbolineum zur genauen Feststellung der tödlichen Gabenhöhe durch. Als Versuchsgift diente das Obstbaumkarbolineum Dendrin von Gebr. Avenarius.

Für die Fischversuche standen zur Verfügung: Stichlinge, Ellritzen, Goldorfen, Karauschen, Zwergwelse, Aale und Schlammbeißer. Eine Konzentration von 0,0001 % löste noch keine deutliche Reaktion bei den Versuchstieren aus, aber schon bei 0,0003 % zeigten die Tiere leichtes Unbehagen. Die nächst höhere Konzentration, 0,001 %, erwies sich für die meisten Fische innerhalb 24 Stunden als unbedingt tödlich. Nur die Fische mit starker Schleimabsonderung (Aale, Schlammbeißer und Zwergwelse) erholten sich wenigstens teilweise nach vorübergehender Störung. Eine Konzentration von 0,003 % wird auch ihnen verderblich. Die Arten mit hohem Sauerstoffbedürfnis (Ellritze, Stichling, Goldorfe) sind am empfindlichsten. (Vergleichsweise sei hier daran erinnert, wie Schubert u. Richter [1925] die physiologische Wirkung der Phenole auf die Bakterien erklären: die Phenole sollen nicht nur die lebenden Organismen an der Sauerstoffaufnahme hindern, wie andere Forscher vermutet hatten, sondern wahrscheinlich den Bakterien unmittelbar Sauerstoff entziehen.) Die Giftwirkung äußert sich bei den Fischen in lebhaftem Ausspucken des Atemwassers, Rückwärtsschwimmen, Aufrichten der Stacheln beim Stichling und schnell zunehmenden Gleichgewichtsstörungen. — In der Praxis wird die tödliche Dosis (0,001 %) erreicht, wenn von einer 10prozent. Spritzbrühe 1 l in 10 000 l (= 10 cbm) Wasser gelangen. Dieser Fall tritt in dem von unzähligen Wassergräben durchzogenen Altenlande häufig ein. Daß in den Gräben mitunter sogar wesentlich höhere Konzentrationen erreicht werden, geht aus dem gelegentlich beobachteten Absterben von Wasserinsekten (*Dytiscus*) hervor, die in unseren Laboratoriumsversuchen durch eine 0,003prozent. Brühe in ihrem Wohlbefinden noch nicht gestört wurden. Der Fischbestand der Altländer Gräben hat keine wirtschaftliche Bedeutung. Bei Fischteichen, die unmittelbar an Obstanlagen angrenzen, wird man aber vorsichtig sein müssen.

Die Regenwurm-Versuche wurden folgendermaßen durchgeführt:

a) Blumentöpfe von 12 cm Höhe und 14 cm oberem Durchmesser wurden mit je 1 kg sandiger Gartenerde gefüllt. Jeder Topf wurde in halber Höhe mit 20 Regenwürmern beschickt und danach auf der Oberfläche mit ¼ l Brühe begossen. Folgende Konzentrationen wurden benutzt: 10 %, 5 %, 1 %, 0,5 %, 0,1 %, 0,05 % und 0,01 %. Nach 3 Tagen zeigte sich, daß den 4 stärksten Konzentrationen sämtliche Würmer an ihrem ursprünglichen Platz zum Opfer gefallen waren. In den 3 anderen Töpfen waren alle Würmer lebendig. Während aber die Konzentrationen 0,1 und 0,05 % wenigstens so abschreckend gewirkt haben, daß die Würmer ganz auf den Boden der Töpfe geflüchtet waren, hat 0,01 % keinerlei Wirkung hervorgebracht: wie in der Kontrolle hatten sich die Würmer durch den ganzen Topfinhalt regellos verteilt.

b) Um den natürlichen Verhältnissen näher zu kommen, wurden auf sehr leichtem und sandigem Boden 3 Flächen von je 1 m² mit

kleinen Erdwällen umgeben. Auf jeder Fläche wurden in 5 verschiedenen Tiefen (1, 5, 10, 20 und 40 cm) durchlässige Stoffbeutel mit je 20 Regenwürmern (zusammen mit etwas Erde) vergraben. Danach wurden die Flächen mit 10prozent. Dendrin gleichmäßig überbraust. Parzelle I erhielt $^1/_2$ l, II 1 l, III 2 l Brühe. In Rücksicht auf die gerade herrschende Trockenheit wurde am folgenden Morgen jede Parzelle mit 2 l und am Abend nochmals mit 4 l Wasser überbraust. Nach 3 Tagen lebten auf den Flächen I und II sämtliche Würmer ganz normal; nur die Stoffbeutel in 1 cm Tiefe besaßen leichten Karbolineumgeruch. In der Fläche III roch der Beutel in 1 cm Tiefe stark nach Karbolineum, und von den 20 Würmern gaben 7 nur noch schwache Lebenszeichen, während die 13 übrigen ziemlich normal waren. Der Beutel in 5 cm Tiefe hatte nur noch schwachen Karbolineumgeruch, und alle Würmer waren gesund. Bereits in 10 cm Tiefe war keinerlei Einwirkung mehr feststellbar.

Aus den Versuchen geht hervor, daß Obstbaumkarbolineum bei unmittelbarer Berührung stark giftig für Regenwürmer ist. Andererseits dringen die üblichen Abtropfmengen nicht so tief in den Boden ein, daß größerer Schaden durch Vernichtung von Regenwürmern zu befürchten ist.

II. Lassen sich aus dem Verlauf von Fischversuchen Schlüsse auf die insektizide Wirkung der einzelnen Karbolineen ziehen?

Bei den im Abschnitt I dargelegten Versuchen mit Dendrin hatte sich der Stichling (*Gasterosteus aculeatus* L.) als hochgradig empfindlich erwiesen. Da der Stichling überdies jederzeit in beliebiger Menge gefangen werden kann, benutzte ich ihn im Jahre 1930 als Versuchstier zur Prüfung von 14 verschiedenen Karbolineummarken, um festzustellen, ob die Empfindlichkeit des Stichlings derjenigen der Eier von *Psylla mali* und *Cheimatobia brumata* parallel geht. Wäre dies der Fall, so hätten wir ein stets leicht erreichbares Versuchsobjekt für die biologische Prüfung von Obstbaumkarbolineen. Da — wie eingangs erwähnt — chemische Analysen nicht vorliegen, und da andererseits die verschiedenen Fabriken ihre Produkte in den folgenden Jahren abgeändert haben, genügt es, die zu diesem und den anderen Versuchen benutzten Obstbaumkarbolineen mit laufenden Nummern zu bezeichnen. Jede der folgenden Tabellen hat ihre eigne Numerierung. — Aus der Tabelle 1 geht hervor, daß zwar die verschiedenen Obstbaumkarbolineen nicht vollkommen gleichstark auf die Stichlinge einwirken. Andererseits lassen sich aber aus dem Wirkungsgrad, den ein Obstbaumkarbolineum auf Fische erzielt, keinerlei Schlüsse auf seine Ovizidität ziehen. Selbst die hinsichtlich ihrer oviziden Wirkung ganz minderwertigen Präparate XI—XIV erwiesen sich also ebenso hochwirksame Fischgifte wie die für die Frostspanner- und Apfelsaugerbekämpfung ausgezeichneten Präparate II—IV. Der Stichling ist demnach kein geeignetes Vergleichsobjekt.

Tabelle 1.

Vergleich der Wirkung von Obstbaumkarbolineen auf Fische und Insekteneier.

Obstbaumkarbolineum 1930	Versuche mit Stichlingen: Alle Versuchstiere sterben in der Konzentration %	Versuche mit Stichlingen: Wenigstens 1 Versuchstier stirbt bei der Konzentration %	Versuche mit Stichlingen: Vorübergehende Störungen werden verursacht durch die Konzentration %	Abtötungsprozente durch: 5 prozent. Brühe bei Eiern von Psylla mali %	Abtötungsprozente durch: 10 prozent. Brühe bei Eiern von Cheim. brumata %
I	0,001	0,001	0,0003	99	86,3
II	0.001	0.001	0.0003	100	100
III	0,003	0.001	0,0001	100	100
IV	0,001	0,0003	0,0001	100	100
V	0,001	0.0003	0,0001	99,6	—
VI	0,003	0.001	0.0003	87,6	89
VII	0.0007	0.0007	0 0003	98,3	86,6
VIII	0,003	0.0007	0,0001	96,9	43
IX	0,001	0,001	0.0001	88,3	47,1
X	0,003	0.001	0,0003	98,4	—
XI	0,003	0 0003	0.0001	47,6	—
XII	0,003	0,001	0.0001	5,7	—
XIII	0,003	0 001	0.0003	54,3	6,1
XIV	0,001	0,0007	0,0001	48,1	41,1
Kontrolle	—	—	—	1	19

III. Zusammenhänge zwischen Spritztermin und Wirkung.

Da sich in den Vorfrühlingsmonaten die Arbeiten in den Obstanlagen zu häufen pflegen, ist von praktischen Obstzüchtern schon wiederholt die Frage aufgeworfen worden, ob es nicht möglich ist, die Spritzung mit Obstbaumkarbolineum bereits im Spätherbst oder im Winter vorzunehmen. Es ist klar, daß diese Frage an den einzelnen Schädlingen für sich geklärt werden muß, ehe eine abschließende Antwort gegeben werden kann. Loewel (1933, S. 503) stellt sich auf Grund seiner Versuchsergebnisse auf den Standpunkt, daß die Spritzung nicht nur hinsichtlich des Apfelblütenstechers und des Frostspanners, sondern auch in Rücksicht auf den Apfelsauger möglichst spät im Frühjahr durchgeführt werden muß. Er fand, wenn die Spritzung am 15. März vorgenommen war, durchschnittlich 2 Apfelsaugerlarven in 1 Blütenbüschel, nach einer am 23. März durchgeführten Spritzung nur 0,32 Larven und nach einer am 30. März durchgeführten Spritzung sogar nur 0,09 Larven. In ähnlicher Weise steigerte sich die Wirkung seiner späteren Spritzungen auf die Eier vom Frostspanner und von

Tabelle 2.

Zusammenhänge zwischen Spritzdatum und Wirkung auf *Psylla mali*-Eier.

Spritzdatum	Abtötungsprozente der 2prozent. Brühe	Abtötungsprozente der 10prozent. Brühe	Verbrennung der Knospen durch 10prozent. Brühe (festgestellt am 5. Mai 1933)
4. 11. 1932	97,3	—	—
21. 11. 1932	93,7	100	—
6. 12. 1932	99,5	100	—
20. 12. 1932	99,4	100	—
4. 1. 1933	95	99,8	—
6. 2. 1933	99,4	100	—
2. 3. 1933	99	100	—
22. 3. 1933	84,4	100	Von 13 behandelten Blütenknospen sind 8 abgestorben, der Rest ist in der Entwicklung stark zurückgeblieben. Blattknospen haben sich annähernd normal entwickelt. Blatt einschließlich Stiel 6,4 cm lang.
27. 3. 1933	96,7	100	Alle Blütenknospen abgestorben. Blattknospen in der Entwicklung zurückgeblieben. Blatt einschließlich Stiel 3,5 cm lang.
5. 4. 1933	98,9	100	Alle Blütenknospen abgestorben. Blattknospen nur kümmerlich entwickelt. Blatt einschließlich Stiel 2,7 cm lang.
Kontrolle	3,4		Blatt einschließlich Stiel 6,7 cm lang.

(Das Schlüpfen der Larven begann am 5. April.)

Blattläusen.[1]) Auch Lindblom u. Sjöberg (1931) sind der Ansicht, daß die Empfindlichkeit der Eier zum Frühjahr hin zunimmt. Als Beiträge zur Klärung dieser praktisch durchaus bedeutungsvollen Frage sind auch unsere Versuche zu werten.

Für den mit Apfelsaugereiern durchgeführten Versuch diente als Spritzmittel in 2- und 10prozent. Brühe ein sogenanntes „doppeltkonzentriertes" Obstbaumkarbolineum, das uns im November 1931 geliefert worden war. Aus Tabelle 2 ist ersichtlich, daß mit der

[1]) Ohne die Versuchsmethode von Loewel einer Kritik unterziehen zu wollen, darf ich darauf hinweisen, daß wir in anderer Weise als Loewel unsere Ergebnisse festzustellen pflegen. Loewel untersucht eine bestimmte Anzahl von Blütenbüscheln seiner Versuchsbäume und vergleicht ihren durchschnittlichen Befall mit der ebenso festgestellten durchschnittlichen Befallsstärke von Kontrollbäumen. Uns ist dagegen in jedem Falle bekannt, wieviel Eier, Larven oder Imagines dem Versuch unterworfen werden (vgl. Speyer, 1929, S. 92), so daß nach Beendigung des Versuches die Wirkungsgröße genau zu berechnen ist. In vielen Fällen hat die Methode von Loewel zu praktisch den gleichen Ergebnissen wie die unsrige geführt. Abweichungen ergeben sich dadurch, daß die Befallsstärke bereits von Ast zu Ast, noch mehr von Baum zu Baum wechselt. Dies ist ganz besonders häufig beim Frostspanner zu beobachten. Ist der Kontrollbaum von vornherein stärker befallen als der Versuchsbaum, so wird mit Loewels Methode eine zu hohe Wirksamkeit festgestellt; ist der Kontrollbaum dagegen schwächer befallen, so erscheint die Wirksamkeit der Mittel zu niedrig.

2prozent. Brühe während der ganzen Versuchszeit eine in ihrer Höhe fast gleichbleibende Wirkung erzielt worden ist. Die vorhandenen Abweichungen sind durch Witterungseinflüsse nicht zu erklären. Man darf vielleicht vermuten, daß die Empfindlichkeit der *Psylla*eier individuell verschieden ist, und zwar derart, daß einige Weibchen mehr widerstandsfähige, andere mehr empfindliche Eier hervorbringen. Je größer die Versuchszweige gewählt werden, um so geringer wird diese Fehlerquelle sein. Das Spritzergebnis vom 22. März fällt aber doch zu stark aus dem Rahmen, um mit der eben gegebenen Erklärung gedeutet werden zu können. Es hat vielmehr den Anschein, und ich habe bereits vor Jahren in Vorträgen diese Ansicht vertreten, daß der Zeitpunkt der Höchstempfindlichkeit bei den *Psylla*eiern einige Wochen vor dem Ausschlüpfen der Larven liegt. Die 10prozent. Brühe hat — mit Ausnahme eines Falles — vom frühesten Spritzdatum an stets sämtliche Eier vernichtet. Auf Grund dieses Versuches sind wir der Ansicht, daß die Bekämpfung der *Psylla*eier jederzeit im Winter mit Erfolg durchgeführt werden kann.

Da den Verbrennungserscheinungen in diesem Aufsatz kein besonderes Kapitel gewidmet werden soll, kann hier eine bei dem eben beschriebenen Versuch gemachte Beobachtung mitgeteilt werden. Die 2prozent. Brühe hat während der ganzen Versuchsdauer niemals die Knospen geschädigt. Dagegen hat die absichtlich in dieser Überdosierung gewählte 10prozent. Brühe am 22. März zum ersten Male Verbrennungen verursacht. Dieses Datum kann natürlich nicht für alle Jahre in gleicher Weise Gültigkeit haben. Bei dem Versuch, den Zeitpunkt phänologisch festzulegen, ergab sich, daß die Apfelknospen empfindlich werden, wenn sich die Hüllschuppen an der Spitze lockern, und wenn die *Psylla*eier einen dunklen Fleck an ihrem oralen Pol bekommen. Dieser Fleck ist ein Embryonalorgan zur späteren Durchbrechung der Eischale (Speyer 1929, S. 215—220). Durch einfache Lupenbeobachtung kann demnach der Zeitpunkt festgestellt werden, von dem ab eine Fortsetzung der Karbolineumspritzung bedenklich ist.

Die entsprechenden Versuche mit Frostspannereiern (*Cheimatobia brumata*) wurden im Vorfrühling 1930 durchgeführt. Soweit die geringe Zahl der damaligen Versuche ein Urteil erlaubt, scheinen nur diejenigen Spritzungen einen einigermaßen sicheren Erfolg zu versprechen, die im Laufe der letzten 14 Tage vor dem Ausschlüpfen der Raupen durchgeführt werden. Eine Wiederholung des Versuches auf breiterer Grundlage dürfte sich empfehlen. De Vin (1932, S. 220—227) fand, daß eine Anwendung von Leimringen dann nicht notwendig ist, wenn die Karbolineumspritzung nach dem 1. Januar vorgenommen wird. Staniland, Tutin u. Walton (1930) glauben, daß sich nach der Spritzung eine undurchlässige Haut auf den Eiern abscheidet, infolgedessen müsse der Embryo ersticken. Mittel, die erst bei Anwendung kurz vor dem Ausschlüpfen der Raupen wirksam sind, sind nach den eben genannten Verfassern zu leicht flüchtig.

IV. Die Karbolineumempfindlichkeit verschiedener Insekten.

Die hohe Empfindlichkeit der Eier von *Psylla mali* gegen Teerölpräparate (Obstbaumkarbolineen) ist hinlänglich bekannt. Aus den beigefügten Tabellen 3—5 ist ersichtlich, daß selbst 1- und 2prozent. Brühen von starker Wirkung sind. Wie zahlreiche andere Autoren (vgl. besonders Thiem, 1931, S. 97 und 1932, S. 7—10, sowie Langer, 1933, S. 606 ff.) haben wir auch gegen die Wintereier der Apfelblattläuse und gegen *Lecanium corni* gute Erfolge erzielt. Exakte Wirkungszahlen können wir jedoch nicht vorlegen. Es ist ferner von hohem praktischen und theoretischen Interesse, wie sich die anderen, in irgendeiner Entwicklungsform an den Obstbäumen überwinternden Insekten verhalten. Ich spreche im folgenden nur von denjenigen Insekten, mit denen ich selber Versuche angestellt oder an denen ich Beobachtungen gesammelt habe. Eine lückenlose Zusammenstellung sämtlicher Insekten, mit denen bisher experimentiert worden ist, soll hier nicht gegeben werden.

Tabelle 3.

Wirksamkeit verschiedener Obstbaumkarbolineen auf Insekteneier im Jahre 1931.

Obstbaumkarbolineum 1931	Konzentration %	Abtötungsprozente bei Psylla mali	Konzentration %	Abtötungsprozente bei Cheimatobia brumata
I	10	100	10	94,7
II	5	99,7	10	96,6
	10	100		
III	2	99,8	5	41,2
	5	97,5		
IV	2	100	5	91.6
	5	100		
V	2	99,1	5	100
	5	100		
VI	2	96,9	5	70,9
	5	99,2		
VII	5	100	10	99,5
VIII	3	35,2	5	19,8
	5	53,1		
IX	10	99,4	12	79,7
X	10	100	10	98,8
Kontrolle	—	1,1	—	5,4

Anmerkung: Auf den Tabellen 3—5 bezeichnen die laufenden Nummern I—X bezw. XXVI in den verschiedenen Jahren nicht die gleichen Präparate.

Tabelle 4.
Fortsetzung von Tabelle 3. Das Jahr 1932.

Obstbaum-karbolineum 1932	Konzentration %	Abtötungsprozente bei Psylla mali	Konzentration %	Abtötungsprozente bei Cheimatobia brumata
I	1	68,5	5	24,7
	5	99,1		
	10	98,8		
II	5	100	10	87
	10	99,6		
III	7,5	99,9	7,5	86,7
IV	5	96	10	87,2
	10	99		
V	5	100	10	68,1
	10	100		
VI	5	93,2	10	74,4
	10	99,1		
VII	5	61,9	10	96,5
	10	56,1		
VIII	5	99,5	10	34
	10	100		
IX	5	99,4	10	50
	10	99,5		
X	5	98,5	—	—
	10	99,8		
Kontrolle	—	7	—	0

a) Apfelblütenstecher (Anthonomus pomorum L.).

Die Bekämpfung des Apfelblütenstechers mittels Fanggürteln aus Wellpappe oder Strohseilen befriedigt nicht immer. Man hat daher in England schon vor Jahren mit Paraffinölemulsionen im Vorfrühling gespritzt, — anscheinend mit guten Erfolgen. Demgegenüber hat Obstbaumkarbolineum im deutschen Obstbau im allgemeinen versagt, mag man es nun als Abschreckmittel oder als Kontaktspritzmittel benutzt haben. Nur wenige Autoren berichten von günstigen Ergebnissen. In neuerer Zeit hat besonders Loewel (a. a. O. S. 500 und 503—504) die Wirksamkeit später Spritzungen erwiesen. Im Gegensatz zu Wiesmann (1928) konnte ich eine Schreckwirkung im Vorfrühling auch mit den für diesen Zweck häufig empfohlenen schwachen Karbolineumbrühen nicht erzielen. Meine Kontaktgift-Laboratoriumsversuche brachten zunächst keine einheitlichen Ergebnisse. Während ich im Februar 1930 mit 5prozent. Dendrin (1929) 80 % und mit 100prozent. Dendrin (1928) sogar 98 % der Versuchstiere abtöten konnte, fielen im März 1931 einer 10prozent. Brühe (Dendrin 1930)

Tabelle 5.

Wirksamkeit verschiedener Obstbaumkarbolineen auf Insekteneier und Apfelblütenstecher im Jahre 1933.

Obstbaumkarbolineum 1933	Konzentration %	Abtötungsprozente bei Psylla mali	Konzentration %	Abtötungsprozente bei Cheimatobia brumata	Konzentration %	Wirkungsprozente bei Anth. pomorum tot	Wirkungsprozente bei Anth. pomorum krank
I	1	80,1	2	12,8	5	0	0
	5	99,4	5	93			
II	1	96	2	94,6	5	0	0
	5	99,7	5	100			
III	1	98,3	2	52,3	5	0	0
	5	99,8	5	91,3			
IV	1	98,6	2	50,6	5	0	0
	5	100	5	98,3			
V (B)	1	97,3	2	14,3	5	70	30
	5	100	5	40			
VI (B)	1	100	2	40,2	5	55	45
	5	100	5	56,9			
VII (B)	1	98,5	2	71,8	5	30	70
	5	100	5	94,6			
VIII (B)	1	95,7	2	31,1	5	15	65
	5	99,6	5	100			
IX (B)	1	97,1	2	7,3	5	40	55
	5	100	5	77,9			
X	5	99,1	10	98,4	10	0	10
XI	5	99,5	10	93,3	10	0	10
XII	5	100	10	100	10	0	15
XIII (D)	5	99,5	5	92,7	5	5	0
XIV (D)	5	98,4	5	99,1	5	5	5
XV	5	95,8	5	66,7	5	0	0
XVI	5	93,9	5	99,1	5	0	5
XVII (D)	5	99,2	5	99	5	10	0
XVIII (DK)	5	99,4	5	94,5	5	0	0
XIX	5	100	5	96,2	5	0	10
XX (B)	5	99,7	5	55,9	5	75	25
XXI (B)	5	100	5	92,9	5	0	30
XXII	5	71,4	10	100	10	15	5
XXIII	5	91,2	10	100	10	0	15
XXIV	5	99,5	10	100	10	5	10
XXV (B)	5	99,8	10	99,7	10	71	29
XXVI (B)	5	99,3	10	98,6	10	85	15
Kontrolle	—	3,2	—	3,1	—	4,8	0

Anmerkung: B = Baumspritzmittel. D = Doppeltstarkes Obstbaumkarbolineum. K = Kupfer-Obstbaumkarbolineum.

nur 46 % der Käfer zum Opfer. Im Frühjahr 1932 arbeitete ich mit 11 verschiedenen Karbolineen: nur 2 der üblichen Obstbaumkarbolineen hatten eine einigermaßen befriedigende Wirkung, alle anderen versagten. Ausgezeichnet dagegen bewährte sich das sogenannte „Baumspritzmittel" von Avenarius.[1]) Im Jahre 1933 konnte dieses, zunächst überraschende Ergebnis weitgehend bestätigt werden. Es kamen 17 verschiedene Obstbaumkarbolineen (zum Teil „doppeltstarke" und solche mit Kupferzusatz) und 9 Baumspritzmittel zur Anwendung. Aus Tabelle 5 geht hervor, daß die große Mehrzahl der Obstbaumkarbolineen vollständig versagt hat, nur einige wenige, darunter 3 „doppeltstarke"[2]) hatten eine geringe Wirkung. Dagegen erwiesen sich fast sämtliche Baumspritzmittel als außerordentlich giftig für die Blütenstecher. Nur 1 Baumspritzmittel befriedigte nicht. Der Versuch lief 8 Tage. Die bei Versuchsschluß noch stark gelähmten und zum Kriechen unfähigen Käfer wurden in der Tabelle als krank bezeichnet. Der Verlauf des Versuches ließ erkennen, daß die am achten Tage noch kranken Käfer in den nächsten Tagen auch abgestorben wären. Diese überragende Wirksamkeit der Baumspritzmittel auf den Blütenstecher ist um so überraschender, als diese Mittel zwar auf *Psylla*eier im allgemeinen ebenso gut wie Karbolineen, auf Frostspannereier aber keineswegs gleichmäßig gewirkt haben.[3]) Es ist zwar von vornherein zu erwarten, daß die Eier der verschiedenen Insekten eine verschiedenartige Empfindlichkeit besitzen. Hier hat sich aber gezeigt, daß sich die Eier nicht in eine für alle Spritzmittel gleichbleibende Empfindlichkeitsreihe einordnen lassen. Wir haben somit einen neuen Beweis für die gelegentlich, u. a. von Langer (1930,

[1]) „Baumspritzmittel" wurde zuerst im Kriege als Ersatzprodukt für Dendrin hergestellt. Chemisch scheint der Hauptunterschied zwischen beiden Mitteln im Emulsionsträger zu liegen. (Die in England seit 1921 viel benutzte „Long-Ashton-Wash" besteht aus einem Gemisch hochsiedender Neutralöle, dem als Emulgator „sulfonated oils" und Kalium- bezw. Natriumhydroxyd zugesetzt sind. Vermutlich handelt es sich beim „Baumspritzmittel" um ein ähnliches Produkt.) Außerdem ist der Wassergehalt des Baumspritzmittels höher als es die Normen für gute Obstbaumkarbolineen erlauben. Dank seiner Fähigkeit, sich mit Kalkbrühen mischen zu lassen, wurde das Baumspritzmittel auch nach dem Kriege neben Dendrin und den anderen Obstbaumkarbolineen, mit denen eine solche Mischung nicht möglich ist, von vielen Praktikern gerne gebraucht. Als sich schließlich bei den Versuchen des Altländer Versuchsringes (Leiter Dr. Loewel) zeigte, daß Baumspritzmittel auch mit Kupferkalkbrühe gut mischbar ist, so daß also 2 Winterspritzungen in eine zusammengezogen werden können, stieg die Nachfrage nach Baumspritzmitteln bedeutend. Dementsprechend haben sich auch andere Firmen bemüht, ähnliche Präparate herzustellen.

[2]) Tabelle 5 läßt erkennen, daß die sogenannten „doppeltstarken" oder „hochkonzentrierten" Obstbaumkarbolineen nicht wesentlich besser sind als gute Fabrikate der gewöhnlichen Obstbaumkarbolineen. — Ein hier geprüftes „Kupfer-Obstbaumkarbolineum" besaß eine gute insektizide Wirkung.

[3]) Bei den Versuchen von Loewel (a. a. O.) hat allerdings das Baumspritzmittel nicht nur gegen den Blütenstecher, sondern auch gegen *Psylla*- und Frostspannereier besser abgeschnitten als Dendrin.

S. 605) geäußerte Ansicht, daß die mit sogenannten Standardtieren erzielten Versuchsergebnisse niemals ohne Nachprüfung auf andere Insekten übertragen werden dürfen, zumal dann, wenn sich beide Insekten in verschiedenen Entwicklungsstadien befinden oder wenn sie verschiedenen Ordnungen angehören.

Aus unseren Versuchen ist ersichtlich, daß man bei Benutzung von Baumspritzmitteln die Zahl der vorhandenen Apfelblütenstecher stark vermindern kann. Das Ergebnis wird noch dadurch verbessert, daß die Baumspritzmittel offenbar weniger pflanzenschädlich sind und daher noch während des Anschwellens der Knospen — wenn die Blütenstecher ihre Winterverstecke bereits verlassen haben und der Spritzbrühe ungeschützt ausgesetzt sind — gespritzt werden dürfen (Loewel, 1933, S. 1—2).

b) Weidenblattkäfer (Phyllodecta vulgatissima L.).

Zu den wenig empfindlichen Insekten gehört auch der Weidenblattkäfer, der oft recht zahlreich in Fanggürteln und unter Borkenschuppen der Obstbäume überwintert. Dem 5prozent. Dendrin (1928) fielen 7,5 %, dem 10prozent. Dendrin 17,5 % der Versuchstiere zum Opfer, während in der mit Wasser bespritzten Kontrolle kein Käfer starb. Baumspritzmittel standen während dieses Versuches leider nicht zur Verfügung.

c) Kleiner Frostspanner (Cheimatobia brumata L.).

Wie die Versuche von 1931—1933 (Tabelle 3—5) zeigen, sind die Eier von *Cheimatobia brumata* merklich widerstandsfähiger als diejenigen von *Psylla mali*. Während in den Jahren 1931 und 1932 die 5prozent. Brühen gegen Frostspannereier fast stets versagten, und nur die 10prozent. Brühen genügend wirkten, ließen sich 1933 auch mit der schwachen Konzentration bereits recht beachtliche Erfolge erzielen. Den Fabriken scheint es gelungen zu sein, ihre Produkte wirksamer zu gestalten. Auf die Anwendung des Leimringverfahrens wird demnach in Zukunft überall dort verzichtet werden können, wo eine gründliche Bespritzung der Bäume mit Obstbaumkarbolineum durchführbar ist.

In der Literatur wird die Wirkung von Obstbaumkarbolineum auf Frostspannereier teils begeistert gelobt, teils mehr oder weniger stark bezweifelt. Am sorgfältigsten dürfte Miles (1929) gearbeitet haben. Die Wirkung der 7,5—8prozent. Brühen von 5 verschiedenen Fabrikaten schwankte bei ihm zwischen 71,6 und 83,8 %. Auch Willaume (1930) gelang nur eine Abtötung von 50—80 %. Loewel (a. a. O. S. 600) beobachtete, daß die Frostspanner durch Karbolineumspritzungen „fast völlig“ vernichtet wurden.

d) Kirschblütenmotte (Argyresthia ephippiella F.).

Nachdem ich bereits 1924 in einer Obstanlage bei Naumburg/S. gute Erfolge bei der Bekämpfung der *Argyresthia*eier mittels Obstbaum-

karbolineum in einem Vorversuche erzielt hatte (Speyer, 1924), führte ich diese Versuche in größerem Umfange 1925 am gleichen Orte aus. Die Ergebnisse wurden aus bestimmten Gründen damals nicht veröffentlicht. Später hat Jancke diese Versuche fortgeführt und ebenfalls sehr gute Wirkungen erzielt (Jancke, 1929 u. 1930). Von seinen Dendrinversuchen meldete Jancke im Jahre 1929 eine Befallsstärke von 9,3 % (Kontrolle: 88,3 %), im Jahre 1930 sogar nur 1,8 % (Kontrolle: 57,2 %). Das Obstbaumkarbolineum Dendrin bewährte sich demnach ausgezeichnet als Winterspritzmittel. Zur Bestätigung der Mitteilungen Janckes gebe ich im folgenden meine Versuchsergebnisse von 1925 bekannt. Neben anderen Kontaktgiften (Limitol, Lanigan, Aphidon, Exodin, Schwefelkalkbrühe, Petroleumseifenemulsion, Tabak-Spiritus-Seifenbrühe) kam das Obstbaumkarbolineum von Schacht, Braunschweig, in 10prozent. Brühe zur Anwendung. Bei der Sorte „Franzosenkirsche" hatten die Kontrollbäume einen Befall von 40—70 %, die Karbolineumbäume einen solchen von 19 %. Die entsprechenden Zahlen bei der Sorte „Früheste der Mark" waren 55 und 12 %, bei der Sorte „Kassin" 43 und 6,8 % (bei zweimaliger Anwendung nur 3,9 %). Sämtliche anderen Mittel haben versagt. — Die besseren Ergebnisse Janckes dürften sich daraus erklären, daß die Fabriken 1925 noch unter den Kriegs- und Nachkriegsfolgen zu leiden hatten, während sie 1929 wieder vollwertige Produkte in den Handel bringen konnten.

e) Obstmade (Cydia pomonella L.).

Obstmaden, die aus ihrem Gespinst herausgenommen worden waren, zeigten sich in unseren Versuchen gegen Dendrin sehr widerstandsfähig. Im März 1930 wurden durch die 5prozent. Brühe (Dendrin, 1928) im Laboratorium nur 5,9 % der Versuchstiere abgetötet, durch die 10prozent. Brühe 23,5 %. Von den Kontrolltieren starb keines. Im März 1931 fielen sogar nur 16 % der Raupen einer 10prozent. Brühe (Dendrin, 1930) zum Opfer. Hiernach ist es sehr unwahrscheinlich, daß man die unter Borkenschuppen versteckten und überdies eingesponnenen Obstmaden durch Obstbaumkarbolineum in nennenswertem Maße schädigen kann.

Andere Autoren beurteilen die Wirksamkeit des Obstbaumkarbolineums auf Obstmaden, besonders bei später Anwendung, günstig (Brucker, 1928, Fürstenberg, 1924, Carbolineum en andere ... 1925, Sproeien ... 1926). Da es sich hierbei offenbar um Freilandbeobachtungen handelte, bei denen der kausale Zusammenhang zwischen Schädlingsverminderung und Spritzung nicht immer leicht nachzuweisen ist, sind weitere exakte Versuche erwünscht.

f) Obstbaumwanzen (Lygus pabulinus L. und Plesiocoris rugicollis Fall).

Exakte Versuche zur Bekämpfung der in der Rinde der Obstzweige überwinternden Capsideneier wurden noch nicht von uns durchgeführt.

Es ist aber auffallend, daß wir schwere Capsidenschäden bisher nur in solchen niederelbischen Obstanlagen gefunden haben (sowohl auf der Geest wie in der Marsch), in denen die Durchführung der Karbolineumspritzung zu wünschen übrig läßt. In einer jahrelang schwer geschädigten Anlage ging der Befall im Jahre 1933 sehr merklich zurück, nachdem im Vorfrühling einigermaßen sorgfältig mit Obstbaumkarbolineum gespritzt worden ist. Trotzdem also von der Oberfläche der hier in Betracht kommenden Wanzeneier nur ein winziges Stück durch die Spritzbrühe benetzt werden kann, ist dennoch eine Bekämpfung durch Obstbaumkarbolineum möglich. Möglicherweise wird Baumspritzmittel noch besser wirksam sein als gewöhnliches Obstbaumkarbolineum. Die Engländer haben jedenfalls mit der oben gekennzeichneten Long-Ashton-Wash (oder -Spray) durchschlagende Erfolge erzielt (Staniland u. Walton, 1928 und 1929). (Näheres über die Obstbaumcapsiden wird an anderer Stelle veröffentlicht werden.)

g) Schildwanzen (Tropicoris rufipes L.).

Die in manchen Jahren äußerst zahlreich an den Obstbäumen überwinternden Larven von *Tropicoris rufipes*, deren Bedeutung für den Obstbau übrigens noch nicht hinlänglich geklärt ist, sind offenbar hochgradig empfindlich gegen Obstbaumkarbolineum. Schon der 5prozent. Brühe (Dendrin, 1928) fielen im Laboratoriumsversuch 96,7 % zum Opfer, die 10prozent. Brühe tötete sämtliche Versuchstiere. Allerdings halten sich diese Wanzenlarven stets schlecht in Gefangenschaft: auch von den nur mit Wasser bespritzten Kontrolltieren starben 58,3 %. Es ist immerhin zu erwarten, daß der Massenwechsel von *Tropicoris rufipes* durch Spritzungen mit Obstbaumkarbolineum nachdrücklich beeinflußt wird.

h) Obstbaumspinnmilbe (Paratetranychus pilosus C. und F.).

Aus den Veröffentlichungen von Petherbridge und Dillon-Weston (1926), Massee (1928) und Massee und Steer (1929) ist die Ansicht der Engländer bekannt, daß nach Teerölspritzungen die Zahl der Obstbaumspinnmilben anzuwachsen pflegt. Man erklärt diese befremdliche Erscheinung mit der Mutmaßung, daß die speziellen Feinde der Obstbaumspinnmilbe (insbesondere *Anthocoris nemorum* L.) wesentlich empfindlicher sind als diese. Auch im Altenlande (Niederelbe), wo seit dem Winter 1926/27 überall regelmäßig mit Obstbaumkarbolineum gespritzt wird, haben wir in manchen Jahren hier und da ein stärkeres Auftreten der Spinnmilbe beobachtet. Irgendwelche Zusammenhänge mit den Spritzungen waren aber nicht erweisbar. Um größere Gewißheit zu erlangen, wurde Ende März 1933 ein Versuch von uns durchgeführt. Als Spritzmittel dienten ein Obstbaumkarbolineum und ein Baumspritzmittel, beides von der gleichen Firma und beides in 10prozent. Brühen. In einer 8jährigen Anlage von Apfelhalbstämmen wurden je 2 Reihen einheitlich behandelt. Jede Reihengruppe war von

der nächsten durch 2 unbehandelte Reihen getrennt. Reihengruppe 1 wurde mit Obstbaumkarbolineum, Gruppe 2 mit Baumspritzmittel behandelt, Gruppe 3 blieb unbehandelt. Am 22. April waren Unterschiede in den 3 Gruppen noch nicht feststellbar. Aber schon am 3. Mai konnte man sehen, daß nur in den Knospen der unbehandelten Bäume junge Spinnmilben saßen. Dieses Bild hat sich in der Folge weiter verstärkt. Am 29. Mai war in beiden Versuchsgruppen keine Milbe zu finden, die Mehrzahl der Eier war noch unverändert. Einige ausgeschlüpfte Eier schienen aus dem Vorjahre zu stammen. Demgegenüber fand sich an den unbehandelten Bäumen kein ungeschlüpftes Ei; dafür waren die Blätter stark mit Spinnmilben besiedelt. Ein Unterschied in der Wirksamkeit der beiden benutzten Präparate ließ sich nicht feststellen. Dies ist von Interesse in bezug auf das Verhalten des Apfelblütenstechers (s. o.). Jedenfalls ist es jetzt möglich, die Obstbaumspinnmilbe mit Hilfe der neuzeitlichen guten Obstbaumkarbolineen zu vernichten. [1]) Die Anwendung von speziellen Milbengiften dürfte demnach dort nicht notwendig sein, wo regelmäßig mit Obstbaumkarbolineum gespritzt wird.

i) Spinnen.

Im Spätherbst und Winter findet man in Fanggürteln und unter Rindenschuppen außerordentlich viele Spinnen. Im einzelnen ist die Bestimmung der hierbei von uns erbeuteten Arten noch nicht durchgeführt. Es scheint aber, daß es hauptsächlich Sackspinnen (*Drassidae*) sind, insbesondere eine *Clubiona* spec. (vermutlich *pallidula* Cl.). Da die Spinnen für den Obstbauer zweifellos nützlich sind, hat die Frage nach ihrer Karbolineumempfindlichkeit praktische Bedeutung. In einem Versuch (Februar 1930) mit Obstbaumspinnen, die vorher aus ihren in Fanggürteln befindlichen Gespinsten herausgenommen worden waren, tötete bereits 5prozent. Dendrin (1928) sämtliche Versuchstiere ab. Auch von den Kontrolltieren starben allerdings 26,7 %. — Gründliche und alljährlich wiederholte Baumbespritzungen mit Obstbaumkarbolineum werden daher den Bestand an Spinnen in durchaus unerwünschter Weise verringern.

V. Versuchsmethoden.

a) Apfelblütenstecher.

Die Tauchmethode von Götze (1931, S. 141) hat sich bei unseren Versuchen nicht bewährt. Überdies reagieren Kornkäfer und Blütenstecher nicht in der gleichen Weise auf Karbolineum. Wir verfahren daher jetzt folgendermaßen: Im Spätherbst werden Obstbaumfanggürtel

[1]) Hahmann (1930, S. 125) beobachtete nur eine ganz geringe Wirkung des Obstbaumkarbolineums gegen Rote Spinne. — Anscheinend sind damals die Obstbaumkarbolineen noch nicht so wirkungsvoll gewesen wie jetzt.

in größerer Zahl in den Obstanlagen eingesammelt und in Säcken aus dichtem Nesselstoff in ein ungeheiztes Laboratorium gebracht. In den folgenden Tagen werden die Blütenstecher aus den Gürteln heraus gesucht und wieder in Beutel mit zusammengerollter frischer Wellpappe geschüttet. Diese Beutel werden unter Laubendächern oder dgl. frei aufgehängt. Im Vorfrühling (Anfang bis Mitte März) werden die Käfer an einem frostfreien Tage in ungeheizte Laboratorien überführt und in großen Schalen mehrere Tage lang mit Apfel- und Birnenknospen möglichst reichlich gefüttert. Nur diejenigen Tiere, die sich hierbei zweifelsfrei als gesund erweisen, werden für die Versuche benutzt, die anderen beseitigt.[1]) Die in ein halbkugelförmiges feines Kaffeesieb gelegten Käfer werden mittels einer automatischen Handdruckspritze mit feinem Sprühkopf bei 1,5 Atmosphäreninnendruck 5 Sekunden lang (Stoppuhr) aus 10 cm Entfernung bespritzt. Darauf wird das Sieb von der überflüssigen Spritzbrühe durch scharfes Aufklopfen sofort befreit. Die Käfer werden für einen Augenblick auf Fließpapier geschüttet, danach mit frischem Fließpapier in ein Kugelglas eingeschlossen. Das Glas wird mit Gaze zugebunden. Nach 4 Stunden kommen die Käfer in ein neues Kugelglas ohne Fließpapier, aber mit 2 Apfelblütenknospen. Die Kontrollkäfer werden mit Leitungswasser bespritzt, sonst in der gleichen Weise wie die Versuchskäfer behandelt. Am achten Tage werden die täglich durchzusehenden Versuche abgeschlossen.

(Ganz ähnlich verfahren wir mit Obstmaden, Wanzenlarven und Spinnen.)

b) Apfelsauger.

Da lebende und abgetötete Eier nicht immer sicher zu unterscheiden sind, werden die Spritzergebnisse erst dann festgestellt, wenn aus den unbehandelten Eiern die Larven bereits ausgeschlüpft sind. Da man aber abgeschnittene Zweige nur schwer so lange Zeit hindurch genügend frisch halten kann (mit vertrockneten Zweigen ist der Versuch nicht durchführbar), sehen wir jetzt von Laboratoriumsversuchen vollständig ab (vgl. S p e y e r , 1929, S. 92). Ganze Bäume sind selbst unter erheblichem Aufwand an Zeit und Material niemals lückenlos zu behandeln. Um exakte Ergebnisse zu bekommen, bespritzen wir daher immer nur einzelne, allseitig leicht erreichbare Zweige stark befallener Bäume.[2]) Von den übrigen Teilen des Baumes ist eine Abgrenzung der behandelten Zweige durch Leimringe leicht und sicher zu erreichen.

[1]) Hier kann der Einwurf erhoben werden, daß bei der Karbolineumspritzung im Freien viele Käfer noch keine Nahrung zu sich genommen haben, sich also in anderem physiologischen Zustande befinden werden. Dies ist richtig. Jedoch sind die Fehlerquellen, die sich beim Arbeiten mit frisch dem Winterlager entnommenen Tieren ergeben, erfahrungsgemäß noch größer, da der Gesundheitszustand, also die Widerstandskraft dieser Tiere verschieden ist.

[2]) Solche Bäume sind an der Niederelbe unschwer zu finden. In Gegenden mit schwachem *Psylla*-Befall ist mit unserer Methode natürlich nicht zu arbeiten.

Wenn sämtliche Eier an unbehandelten Bäumen ausgeschlüpft sind (das ist an der Niederelbe Anfang Mai), werden die behandelten Zweige abgeschnitten, einzeln verpackt und im Laboratorium mit Hilfe binokularer Lupen auf mindestens 1 m Länge genau untersucht. Das Zahlenverhältnis der in den Knospen gefundenen Larven zu den ungeschlüpften, also toten Eiern ergibt die Abtötungskraft des betreffenden Mittels. Die Befürchtung, daß Larven durch den Wind hinzu- oder fortgeweht werden, ist infolge des starken Klammervermögens der Larven gegenstandslos. Die Erfahrung hat gezeigt, daß mit der hier geschilderten Arbeitsweise sehr befriedigende Ergebnisse zu erzielen sind. Allerdings dürfen die unbefruchteten Eier (sie sind weiß, die befruchteten braun) nicht mitgezählt werden.

c) Frostspanner.

In einfache Glaszylinder werden mehrere rauhe Zweige von etwa 15 cm Länge gelegt. Darauf wird jeder Zylinder mit wenigstens 2 frischen *brumata*-Pärchen (sie müssen in copula gefangen worden sein) besetzt und an beiden Enden mit Papier zugebunden. Es ist wichtig, daß die Weibchen nicht allein, sondern stets mit Männchen zusammen gefangen gehalten werden; andernfalls werden weniger Eier abgelegt. Die Weibchen legen ihre Eier größtenteils an den Zweigen ab. Die zunächst hellgrünen Eier färben sich — sofern sie befruchtet sind — in einigen Tagen braun; andernfalls behalten sie ihre grüne Farbe und schrumpfen allmählich ein. Befruchtete und unbefruchtete Eier sind demnach leicht zu unterscheiden. Zur Vermeidung von Schimmelbildung werden die Falter nach ihrem Tode entfernt. Die Zylinder werden am besten in offenen Kisten unter einem Laubendach oder dgl. im Freien überwintert. Für die Versuche werden die Zweige den Zylindern entnommen und gründlich bespritzt. Zum Trocknen hängt man die bespritzten Zweige im Freien auf. Sie werden alsdann wieder in Zylinder gesteckt (nach Versuchen getrennt). Die Zylinder werden, um eine unnatürlich starke Wirkung der Karbolineumdämpfe zu vermeiden, zunächst nicht verschlossen, im übrigen aber wie vorher aufbewahrt. Sobald sich an den Zweigen die Eier violett zu verfärben beginnen (tägliche Durchsicht in der kritischen Zeit ist notwendig), werden die Zylinder wieder zugebunden und nunmehr in ein ungeheiztes Laboratorium gelegt. Täglich werden die in jedem Zylinder ausgeschlüpften Räupchen gezählt und entfernt. Wenn mehrere Tage lang in keinem Zylinder mehr Raupen geschlüpft sind, kann die Zahl der ungeschlüpften, d. h. toten Eier, festgestellt und damit der Wirkungswert der verschiedenen Spritzmittel ermittelt werden.

VI. Zusammenhang zwischen Benetzungsfähigkeit, Emulsionshaltbarkeit und Insektizidität der Obstbaumkarbolineen.

a) Benetzungsfähigkeit.

Es ist vornehmlich von der Blutlausbekämpfung her bekannt, daß die Wirkung der Kontaktgifte mit zunehmender Benetzungsfähigkeit ansteigt. Da man annehmen kann, daß Obstbaumkarbolineen mit hoher Benetzungsfähigkeit leichter in die Borkenrisse eindringen, also besser an die überwinternden Schädlinge herankommen als solche mit niedriger Benetzungskraft und daß sie auch stärker auf die Schädlinge einwirken, haben wir die Benetzungskraft und insektizide Wirksamkeit in Vergleich gesetzt. Zur Messung der Benetzungsfähigkeit bedienten wir uns der Stalogmeter nach Traube, die Trappmann (1925, S. 259) in die Technik der deutschen Pflanzenschutzmittelprüfung eingeführt hat.

In der Tabelle 6 sind die Ergebnisse der Jahre 1930, 1932 und 1933 dargestellt. Im Jahre 1931 wurde die Benetzungskraft der Versuchsmittel nicht festgestellt. Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß die Benetzungskraft der 10prozent. Obstbaumkarbolineen zumeist etwas unter 2, selten bei 2 und darüber liegt. Die Benetzungsfähigkeit der 5prozent. Brühen ist stets geringer. Im einzelnen aber zeigen sich große Verschiedenheiten. Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Insektizidität (an *Psylla*eiern gemessen) und Benetzungskraft besteht ganz zweifellos nicht. Die verschiedenen Baumspritzmittel (in der Tabelle zeigt eine Umrahmung der laufenden Nummer an, daß es sich um ein Baumspritzmittel handelt) haben durchweg eine sehr niedrige Benetzungsfähigkeit (um 1,3) und gleichwohl gute insektizide Wirkung. Ähnlich verhält sich das Obstbaumkarbolineum 1933 Nr. 10. Umgekehrt haben die Obstbaumkarbolineen 1930 Nr. 8 und 1932 Nr. 7 bei hoher Benetzungsfähigkeit recht schlecht auf die *Psylla*eier gewirkt. Bei Obstbaumkarbolineum berechtigt demnach die Prüfung der Benetzungsfähigkeit allein in keiner Weise zu Schlüssen auf ihre Insektizidität.

b) Emulsionshaltbarkeit.

Durch die Veröffentlichungen von Houben und Hilgendorff sowie durch die von der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft im Jahre 1930 aufgestellten „Normen" für Obstbaumkarbolineum hat der Begriff der Emulsionshaltbarkeit gewissermaßen Volkstümlichkeit erlangt. Houben und Hilgendorff (1925, S. 153) halten es für zweckmäßig, jedes auf den Markt kommende Obstbaumkarbolineum auf seine Emulgierbarkeit und Emulsionshaltbarkeit zu prüfen. „Denn wenn sich ein Mittel hier als ungenügend erweist, so erübrigt sich von vornherein jede andere Prüfung, mag seine Zusammensetzung im übrigen sein, wie sie will." Nach den Untersuchungen der eben genannten Verfasser ist bei schlechter

Tabelle 6.

Zusammenhänge zwischen Benetzungsfähigkeit und Wirksamkeit.

1930	Konzentration %	Abtötung von Psylla mali-Eiern	Benetzungsfähigkeit bezogen auf Wasser = 1
1 a	5	87,6	1,87
1 b	10	98,2	1,95
2 a	5	98,3	1,77
2 b	10	100	1,93
3 a	5	96,9	1,93
3 b	10	98,1	2,03
4 a	5	64,6	1,87
4 b	10	88,3	1,98
5 a	5	100	1,69
5 b	10	100	1,84
6 a	5	98,4	2,07
6 b	10	99,4	2,1
7 a	5	47,6	2,01
7 b	10	100	2,07
8 a	5	5,7	2,08
8 b	10	63,8	2,09
1932			
1	10	98,8	2,0
[2]	10	99,6	1,41
3	10	100	1,88
4	10	99	2,05
5	10	100	2,05
6	10	99,1	2,0
7	10	56	1,99
8	10	100	1,75
1933			
1	5	99,4	1,88
2	5	100	1,84
[3]	5	100	1,33
[4]	5	100	1,32
[5]	5	100	1,29
6	5	99,1	1,99
7	5	99,5	1,9
8	5	100	1,89
9	5	98,4	1,9
10	5	99,2	1,53
11	5	99,5	1,72
[12]	5	99,8	1,3
[13]	5	99,3	1,32

Tabelle 7.

Beziehung zwischen Emulsionshaltbarkeit und Wirksamkeit.

1930	Aussehen der Emulsion nach 3 Tagen	Abtötungswirkung auf Psylla-Eier
1a (5%)	Emulsion weißgrau. Oben: 2 mm dicke graubraune Schicht mit 1 Öltropfen. Unten: geringer bräunlicher Bodensatz.	87,6 %
1b (10%)	Emulsion grauweiß. Oben: 2 mm dicke dunkelgraue Schicht mit einzelnen Öltropfen. Unten: geringer bräunlicher Bodensatz.	98,2 %
2a (5%)	Emulsion hellperlgrau. Oben: einige Öltropfen. Unten: 2 mm hohe einheitlich dunkelgrüne Schicht.	98,3 %
2b (10%)	Emulsion perlgrau. Oben: mehrere Öltropfen. Unten: 4 mm hohe grüne Schicht (oben heller, unten dunkler).	100 %
3a (5%)	Emulsion gelbgrauweiß. Oben: 1 Öltropfen. Unten: 6,5 mm hohe hellbraune Schicht.	96,9 %
3b (10%)	Emulsion gelbgrauweiß. Oben: 1 Öltropfen. Unten: 15 mm hohe hellbraune, nach oben heller werdende Schicht.	98,1 %
4 (3%)	Emulsion hellgrau-wässerig. Oben: 3 mm hohe wässerige Schicht. Unten: —.	54,3 %
5 (3%)	Emulsion graubraunviolett. Oben: 2 mm dicke dunklere Schicht. Unten: 1 mm hohe braunviolette Schicht.	48,1 %
6 (5%)	Emulsion gelbgrau. Oben: 1 Öltropfen. Unten: geringer hellbräunlicher Bodensatz.	99 %
7a (5%)	Emulsion grauweiß. Oben: 1 Öltropfen. Unten: 4 mm hoher, nicht scharf abgesetzter gelbbrauner Bodensatz.	64,6 %
7b (10%)	Emulsion grauweiß. Oben: —. Unten: 4 mm hoher, fast scharf abgesetzter gelbbrauner Niederschlag.	88,3 %
8a (5%)	Emulsion hellgelblich. Oben: mehrere Öltropfen. Unten: 2 mm hoher bräunlicher Bodensatz.	100 %
8b (10%)	Emulsion hellgelblich. Oben: 1 Öltropfen. Unten: 2 mm hoher bräunlicher Bodensatz.	100 %
9a (5%)	Emulsion hellperlgrau. Oben: 2 mm hohe hellbraune Schicht. Unten: 5 mm hohe braune Schicht.	5,7 %
9b (10%)	Emulsion rehbraun. Oben: 6 mm hohe dunkelbraune Schicht. Unten: 5 mm hohe braune Schicht.	63,8 %

Emulsionshaltbarkeit die Gefahr der Pflanzenschädigung besonders groß. — Mikroskopische Beobachtungen von einzelnen Spritztropfen haben mir gezeigt, daß die Entmischungsvorgänge einer Karbolineumemulsion in dem dünnen Spritzüberzug der Bäume anders verlaufen als in einem größeren Glasgefäß. Im ersteren Falle hat eine verhältnismäßig geringe Flüssigkeitsmenge eine gewaltige Oberfläche, sie wird also im allgemeinen sehr schnell eintrocknen. Hierbei verdunsten mit dem Wasser auch Teile der niedrig siedenden Bestandteile des Gemisches. Es ist also fraglich, ob die Anreicherung an Phenolen, die Houben und Hilgendorff bei sich entmischenden Obstbaum-

Tabelle 8.

Beziehung zwischen Emulsionshaltbarkeit und Wirksamkeit.

(Fortsetzung von Tabelle 7.)

1933	Aussehen der Emulsion nach 3 Tagen	Abtötungswirkung auf Psylla-Eier
1 (5 %)	Emulsion mattviolett. Oben: —. Unten: geringer bräunlicher Bodensatz.	99,4 %
2 (5 %)	Emulsion grünlichgrau. Oben: 1 Öltropfen. Unten: geringer olivbrauner Bodensatz.	100 %
3 (5 %)	Emulsion hellolivgrau, nach unten allmählich dichter werdend. Oben: 1 cm hohe wässerige Schicht. Unten: 8 mm hohe grünlichbraune Schicht.	100 %
4 (5 %)	Emulsion hellolivgrau. Oben: 6 mm hohe wässerige Schicht mit Öltropfen. Unten: 8 mm hohe olivbraune Schicht.	100 %
5 (5 %)	Emulsion hellgrau, fast weiß. Oben: 1 Öltröpfchen. Unten: 2 mm hohe bräunliche Schicht mit zahlreichen kleinen schwärzlichen Tropfen.	93,9 %
6 (5 %)	Emulsion hellolivbraun. Oben: 1 cm hohe wässerige Schicht mit zahlreichen braunen Öltropfen. Unten: 7 mm hohe dunkelgraugrüne Schicht.	99,7 %
7 (5 %)	Emulsion sehr wässerig senffarben, in der halben Höhe nach unten dichter werdend. Oben: 1 cm hohe wässerige Schicht mit kleinen Öltropfen. Unten: 6 mm hohe Schicht (die untere Hälfte dunkel, die obere hell).	100 %
8 (5 %)	Emulsion milchiggrau. Oben: —. Unten: 2 mm hoher, nicht scharf abgesetzter bräunlicher Niederschlag.	71,4 %
9 (5 %)	Emulsion wässerig olivgrau, in 4 scharf abgesetzten Schichten verschiedener Dichtigkeit. Oben: zahlreiche Öltropfen. Unten: 9 mm hoher, aus verschiedenen Abteilungen bestehender Bodensatz.	99,8 %

karbolineen beobachtet haben, unter Freilandbedingungen in dem gleichen Umfange wie im Laboratorium stattfindet. Bei der Flüssigkeit im Glasgefäß ist das Verhältnis von Oberfläche zu Masse gerade umgekehrt. Verluste durch Verdunstung können hier nicht eintreten.

In der vorliegenden Untersuchung interessiert vor allem die Frage, ob eine allgemeine Beziehung zwischen Emulsionshaltbarkeit und Insektizidität besteht. Aus unseren umfangreichen Protokollen sind nur einige Versuche der Jahre 1930 und 1933 herausgegriffen und in den Tabellen 7 und 8 zusammengestellt worden. Wieder erhielten die laufenden Nummern eine Umrahmung, wenn es sich um Baumspritzmittel handelt. Diese Baumspritzmittel zeigen durchweg eine im Sinne der Normen ganz mangelhafte Emulsionshaltbarkeit. Trotzdem ist ihre insektizide Wirkung — wie schon oben gesagt wurde — sehr gut.

Aber außerdem sind sie offenbar weniger pflanzenschädlich als die gewöhnlichen Obstbaumkarbolineen. Die Baumspritzmittel müssen somit, obwohl sie auch Teerölpräparate sind, von dem oben zitierten Satz (Houben und Hilgendorff) ausgenommen werden. Aber auch bei den üblichen Obstbaumkarbolineen besteht im allgemeinen keine klare Beziehung im Sinne unserer Fragestellung. Allerdings sind die sehr schlecht wirksamen Präparate gelegentlich auch von mangelhafter Haltbarkeit (z. B. 1930, Nr. 4 und 9). Ich vermute aber, daß diese Fabrikate im ganzen liederlich hergestellt sind, daß also ihre schlechte Haltbarkeit nur eine selbständige Nebenerscheinung ist und keine Ursache für die mangelhafte insektizide Wirkung. Langer (1933, S. 604) glaubt, daß die insektizide Wirkung erst mit dem Zerfall der Emulsionen einsetzt, und folgert daraus, daß man bei der Forderung nach guter Emulsionshaltbarkeit nicht zu weit gehen dürfe. Eine Haltbarkeit von 36 Stunden sieht Langer als ausreichend an, um die Bäume vor Schädigungen zu schützen. Gleisberg und Mentzel (1933, S. 731) vertreten die Ansicht, „daß geringe Entmischungen bei längerem Stehen so lange den praktischen Wert der Karbolineen nicht beeinträchtigen, als sie nicht die Folge von chemischen Umsetzungen, sondern rein physikalischer Natur, also durch Umrühren reversibel sind". Die gleichen Autoren (a. a. O. S. 744) kommen zu dem Ergebnis, „daß schlechte Emulgierbarkeit und schlechte Haltbarkeit weniger die insektizide Wirkung herabsetzen, als die pflanzenschädigende Wirkung zu steigern scheinen". Um Pflanzenschädigungen zu vermeiden, wird man daher wenigstens für Obstbaumkarbolineen (nicht für Baumspritzmittel) eine gute Emulsionshaltbarkeit in der durch Langer (a. a. O.) gegebenen Einschränkung weiterhin fordern müssen.

Nur anhangsweise sei noch die chemische Zusammensetzung der Obstbaumkarbolineen gestreift. Während Aderhold (1906) noch der Ansicht war, daß die leichten Öle nicht nur gefährlicher für die Pflanzen, sondern auch wertvoller gegen die Insekten sind als die schweren Öle, besteht jetzt im In- und Auslande fast allgemeine Übereinstimmung darüber, daß die Leichtöle und Phenole am wenigsten insektizid sind, während umgekehrt die über 260—280° siedenden Teeröle, insbesondere die Anthrazenöle, die stärksten Wirkungen auf Insekten hervorrufen und zugleich die ruhenden Winterknospen nicht schädigen. Auch in meinen Versuchen wirkte verseifte Karbolsäure nur sehr mangelhaft auf *Psylla*eier. Von Wichtigkeit scheint die in Deutschland kaum bekannt gewordene Feststellung von Tutin (1928) zu sein, wonach durch Zusatz von Phenolen zu neutralem hochsiedenden Material dessen ovizide Wirksamkeit herabgesetzt wird. Wenn in den Normen eine obere Grenze für den Phenolgehalt der Obstbaumkarbolineen gezogen wird, so entspricht dies also durchaus den Wünschen des angewandten Entomologen.

VII. Zusammenfassung.

Im Verlauf mehrerer Jahre wurden die physiologische Wirkung auf verschiedene Objekte sowie die Benetzungsfähigkeit und Emulsionshaltbarkeit zahlreicher Obstbaumkarbolineen geprüft. Hierbei ergab sich:

1. Obstbaumkarbolineum wirkt bereits in einer Verdünnung von 0,001 % tödlich auf sämtliche untersuchten Fische. Am empfindlichsten sind diejenigen Fischarten, die ein hohes Sauerstoffbedürfnis haben, während die Arten mit starker Schleimabsonderung am widerstandsfähigsten sind.

2. Auf Regenwürmer wirkt 0,5prozent. Obstbaumkarbolineum tödlich, 0,1 und 0,05 % stark abschreckend. In den Obstgärten dringen jedoch die normalen Abtropfungen nur ganz oberflächlich in den Erdboden ein.

3. Aus der Wirkung eines Obstbaumkarbolineums auf Fische (Stichlinge) lassen sich keine sicheren Schlüsse auf den Grad seiner Insektizidität ziehen.

4. Die Empfindlichkeit der Eier von *Psylla mali* gegen Obstbaumkarbolineum bleibt nahezu den ganzen Winter hindurch bis zum Ausschlüpfen der Larven gleich groß. Dagegen ist die Empfindlichkeit der Eier von *Cheimatobia brumata* in den letzten 14 Tagen vor dem Ausschlüpfen der Räupchen merklich größer als vorher.

5. Gegen die Eier von *Psylla mali* sind bereits 2prozent. Brühen von normalem Obstbaumkarbolineum von beträchtlicher Wirkung.

6. Auf Apfelblütenstecher, *Anthonomus pomorum,* wirken gewöhnliche Obstbaumkarbolineen nur ganz ungenügend. Die durch ihren besonderen Emulgator ausgezeichneten „Baumspritzmittel" erweisen sich jedoch als hochwirksam.

7. Weidenblattkäfer, *Phyllodecta vulgatissima,* sind von ähnlicher Widerstandskraft wie der Apfelblütenstecher. Baumspritzmittel wurden hier jedoch nicht geprüft.

8. Die Empfindlichkeit der Eier von *Cheimatobia brumata* ist durchweg geringer als diejenige der *Psylla*eier. In den letzten Jahren ist die Wirksamkeit der meisten Karbolineummarken gegen Frostspannereier größer geworden; offenbar ist dies eine Folge der fortgeschrittenen Herstellungstechnik.

9. Die Eier der Kirschblütenmotte, *Argyresthia ephippiella,* sind mit Obstbaumkarbolineum sehr wirkungsvoll zu bekämpfen.

10. Obstmaden, *Cydia pomonella,* können selbst dann, wenn sie aus ihren Gespinsten herausgenommen sind, nicht wirkungsvoll mit Obstbaumkarbolineum bekämpft werden. Im Höchstfalle konnten durch eine 10prozent. Brühe 23,5 % der Raupen getötet werden.

11. Die überwinternden Eier der schädlichen Obstbaumcapsiden sind infolge ihrer geschützten Lage sehr widerstandsfähig. Gleichwohl sind Erfolge mit Karbolineumspritzungen erzielt worden.

12. Die überwinternden Larven der Schildwanze *Tropicoris rufipes* sind sehr empfindlich gegen Obstbaumkarbolineum. Schon einer 5prozent. Brühe fielen 96,7 % zum Opfer.

13. Die Eier der Obstbaumspinnmilbe, *Paratetranychus pilosus*, konnten entgegen der Erwartung sowohl mit Obstbaumkarbolineum wie mit „Baumspritzmittel" wirkungsvoll bekämpft werden.

14. Die an den Stämmen überwinternden Spinnen (zumeist dürfte es die Art *Clubiona pallidula* Cl. sein) fallen — außerhalb ihrer sackförmigen Gespinste — bereits einer 5prozent. Brühe restlos zum Opfer.

15. Die bei Versuchen mit Apfelblütenstechern, *Psylla*eiern und Frostspannereiern angewandten Arbeitsweisen werden beschrieben.

16. Wenngleich bei sämtlichen Kontaktspritzmitteln eine gute Benetzungsfähigkeit grundsätzlich zu fordern ist, hat sich doch gezeigt, daß bei Obstbaumkarbolineen Benetzungsfähigkeit und Wirkungsgröße keineswegs parallel gehen.

17. Gute Emulsionshaltbarkeit dient zur Vermeidung von Verbrennungsschäden an den behandelten Pflanzen. Die insektizide Wirkung jedoch ist von der Güte der Emulionshaltbarkeit keineswegs abhängig.

Literatur.

Aderhold, R., Karbolineum als Baumschutzmittel. Vortrag auf der Wanderversammlung des Verbandes der Obst- und Gartenbauvereine im Bezirk der Landwirtschaftskammer f. d. Provinz Sachsen. Deutsche Obstbauztg. Jahrg. 1906, Heft 22, S. 354—361. Stuttgart 1906.

Brucker, K. W., Von der Anwendung des Obstbaumkarbolineums. Geisenheimer Mittlg. 43. Jahrg., Nr. 2, S. 25—29. Wiesbaden 1928.

Carbolineum en andere sproeimiddelen tegen dieren. — Plantenziektenkundige Dienst, Wageningen, Vlugschrift Nr. 8. Wageningen 1925.

Fürstenberg, C., Vorläufiges Ergebnis von Versuchen mit verschiedenen Spritzmitteln im Obstbau während des Winters. Deutsche Obst- u. Gemüsebau-Ztg. Jahrg. 1924, Nr. 46, S. 553—554. Berlin 1924.

Gleisberg, W., und Mentzel, F., Die physiologische Wirkung von Obstbaumkarbolineum. (Methodik einer allgemeinen biologischen Prüfung der Obstbaumkarbolineen.) — Die Gartenbauwissenschaft Bd. 7, Heft 6, S. 711 bis 745. Berlin 1933.

Goetze, G., Physiologischer Teil. In: Profft u. Goetze, Untersuchungen über Obstbaumkarbolineen. Zentralbl. f. Bakt., Parasitenkunde u. Infektionskrankheiten II. Abt., Bd. 83, Nr. 8—14, S. 136—164. Jena 1931.

Hahmann, C., Überwachung der Pflanzenkrankheiten und -schädlinge im Hamburgischen und Nachbargebiet. In: Brederaann, Institut f. angewandte Botanik, Hamburg. Jahresbericht f. d. Zeit vom 1. Jan. bis 31. Dez. 1929, S. 111—138. Hamburg 1930.

Holzinger, K., Phenolhaltige Abwässer der Kokereien als Fischgift. Zeitschr. f. Fischerei und deren Hilfswissenschaften Bd. XXV, Heft 1, S. 155—159. Berlin 1927.

Houben, J., und Hilgendorff, G., Über Obstbaumkarbolineum I. Arb. a. d. Biologischen Reichsanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft Bd. 14, Heft 2, S. 109—162. Berlin 1925.

Jancke, O., Beiträge zur Biologie und Bekämpfung der Kirschblütenmotte *(Argyresthia ephippiella* F.). Die Gartenbauwissenschaft Bd. 2, Heft 3, S. 300—316. Berlin 1929.

Jancke, O., Weiterer Beitrag zur Bekämpfung der Kirschblütenmotte *(Argyresthia ephippiella).* Die Gartenbauwissenschaft Bd. 3, Heft 4, S. 384 bis 390. Berlin 1930.

Konrich, G. F., Straßenteerung und Fischsterben. Saat und Ernte Nr. 42, S. 3; Beilage zum Buxtehuder Tageblatt. Buxtehude 1929.

Langer, W., Die Grenzen der physiologischen Wirksamkeit von Obstbaumkarbolineum, insbesondere in der Pflaumenkultur. Die Gartenbauwissenschaft 7. Bd., 5. Heft, S. 590—618. Berlin 1933.

Lindblom, A. och K. Sjöberg, Studier rörande fruktträdskarbolineum. Medd. Nr. 397 fr. Centralanst. f. försökväsendet på jordbruksområdet. Lantbruksentomologiska avdeln. Nr. 61. Kemiska avdeln. Nr. 44. Stockholm 1931.

Loewel, E. L., Einiges zur Frage des Baumspritzmittels. Verbandszeitschr. d. Niederelbischen Landes-Obstbau-Verbandes Jahrg. 1933, Nr. 1. Stade 1933.

— — Der Anwendungsbereich des Karbolineums als Winterbekämpfungsmittel im Obstbau. Ergebnisse und Beobachtungen aus den Versuchen des Obstbauversuchsringes des Altenlandes. Die Gartenbauwissenschaft 7. Bd., 4. Heft, S. 496—518. Berlin 1933.

Massee, A. M., Notes on Insect Pests for the Years 1926—27. Ann. Rep. East Malling Res. Sta. 1926 and 1927, XIV and XV, pt. 2 (suppmt.), pp. 157—162. East Malling, Kent, 1928. (Ref.: Rev. appl. Ent., XVII, A, pp. 324—325. London 1929.)

— — and Steer, W., Tar-distillate Washes and Red Spider. J. Minist. Agric. XXXVI, no. 3, pp. 253—257. London 1929. (Ref.: Rev. appl. Ent. XVII, A, pp. 501—502. London 1929.)

Miles, H. W., Tar-distillates for the Winter Spraying of Apples in North-west England. J. Minist. Agric., XXXVI, no. 2, pp. 145—152. London 1929. (Ref.: Rev. appl. Ent. XVII, A, pp. 426—427. London 1929.)

Petherbridge, F. R. and W. A. R. Dillon-Weston, Trials of tar-distillate washes in East Anglia in 1926. Journ. Min. of Agric. Vol. 33, p. 592, 1926, (Ref.: Centralbl. f. Bakteriol., Parasitenkunde u. Infektionskrankheiten II. Abt., 69. Bd., Nr. 15/24, S. 532—533. Jena 1927.)

van Poeteren, N., Visschen en Carbolineum. Tijdschrift over Plantenziekten S. 14—15, 1933. (Ref.: Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten u. Pflanzenschutz 43. Bd., Jahrg. 1933, Heft 7, S. 429. Stuttgart 1933.)

Schubert, K. u. K. Richter, Einiges über den Chemismus der bakteriziden Wirkung von Phenolen. Centralbl. f. Bakt., Parasitenkunde u. Infektionskrankheiten II. Abt., 66. Bd., Nr. 1/7, S. 11—16. Jena 1925.

Speyer, W., Die Kirschblütenmotte, *Argyresthia ephippiella* F. *(= pruniella* L). Nachrichtenbl. f. d. Deutschen Pflanzenschutzdienst 4. Jahrg., Nr. 12, S. 89—91. Berlin 1924.

— — Beitrag zur Phenolempfindlichkeit der Fische. Zeitschr. f. Fischerei u. deren Hilfswissenschaften Bd. XXV, Heft 4, S. 503—504. Berlin 1927.

— — Das Absterben von Fischen und Regenwürmern infolge der Winterspritzung mit Obstbaumkarbolineum. Anz. f. Schädlingskunde III. Jahrg., Heft 7, S. 76—77. Berlin 1927.

— — Der Apfelblattsauger *Psylla mali* Schmidberger. Monogr. z. Pflanzenschutz Nr. 1. Berlin 1927.

— — Die Embryonalentwicklung und das Ausschlüpfen der Junglarven von *Psylla mali* Schm. Zeitschr. f. wiss. Insektenbiologie Bd. XXIV, Nr. 7/8, S. 215—220. Berlin 1929.

Sproeien en Sproeiers. Verslagen en Mededeelingen van den Plantenziektenkundigen Dienst te Wageningen No. 33. Wageningen 1926.

Staniland, L. N., F. Tutin and C. L. Walton, Investigations on Egg-killing Washes at the Long Ashton Research Station. J. Pomol. Hortic. Sci. VIII, no. 2, pp. 129—152. London 1930. (Ref.: Rev. appl. Ent. XVIII, A, pp. 496—497. London 1930.)

Staniland, L. N. and C. L. Walton, The Long Ashton Tar-distillate Wash: Field Experiments, 1927—28. J. Minist. Agric. XXXV, no. 8, pp. 731—740. London 1928. (Ref.: Rev. appl. Ent. XVII, A, p. 120. London 1929.)

— — The Long Ashton Tar-Distillate Wash: Field Experiments, 1929. J. Minist. Agric. XXXVI, no. 6, pp. 517—523. London 1929. (Ref.: Rev. appl. Ent. XXVII, A, pp. 673—674. London 1929.)

— — The Long Ashton Tar-Distillate Wash: Field Experiments, 1929. II. J. Minist. Agric. XXXVI, no. 9, pp. 828—835. London 1929. (Ref.: Rev. appl. Ent. XVIII, A, p. 176. London 1930.)

Thiem, H., Mittelprüfung gegen *Eulecanium corni* an Zwetsche. Nachrichtenbl. f. d. Deutschen Pflanzenschutzdienst 11. Jahrg., Nr. 1, S. 97—98. Berlin 1931.

— — Erfahrungen und Betrachtungen zur Bekämpfung der Zwetschenschildlaus *(Eulecanium corni)*. Die kranke Pflanze 9. Jahrg., Heft Nr. 1, S. 7—10. Dresden 1932.

Trappmann, W., Methoden zur Prüfung von Pflanzenschutzmitteln. Arb. a. d. Biologischen Reichsanstalt f. Land- u. Fortwirtschaft 14. Bd., Heft 3, S. 259—266. Berlin 1925.

Tutin, F., Investigations on Tar-Distillate and other Spray Liquids, Part I. Rep. Agric. Hortic. Res. Sta. Bristol 1927, pp. 81—90. Bristol [1928]. (Ref.: Rev. appl. Ent. XVI, A, pp. 583—585. London 1928.)

de Vin, Th. J., Vruchtboomcarbolineum. Tijdschrift over Plantenziekten S. 220—227, 1932. (Ref.: Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten u. Pflanzenschutz 43. Bd., Jahrg. 1933, Heft 1, S. 48. Stuttgart 1933.)

Wiesmann, R., Untersuchungen zur Biologie und Bekämpfung des Apfelblütenstechers, *Anthronomus pomorum* L. Schweiz. Zeitschr. f. Obst- u. Weinbau. Wädenswil 1928.

Willaume, F., Sélection des principaux types de formules adaptés au traitements d'hiver des arbres fruitiers. C. R. Acad. Agric. Fr. XVI, no. 5, pp. 184—190. Paris 1930. (Ref.: Rev. appl. Ent. XVIII, A, p. 293. London 1930.)

Zur Frage nach dem Temperaturoptimum des Lebens.

II. Über die Temperaturabhängigkeit einzelner physiologischer Prozesse und ihre Beziehung auf das Lebensoptimum des Organismus.

Von

I. W. Kozhantschikow, Leningrad.

(Mit 4 Abbildungen.)

I. Fragestellung und Methodik.

Obwohl die Frage über das Temperaturoptimum nicht neu ist und darüber eine Reihe wertvoller Arbeiten sich in der Literatur befinden, ist sie doch in vielen Punkten unerforscht. Sandersen (1908), welcher als einer der ersten den Einfluß der Temperatur auf die Insektenentwicklung untersuchte, betrachtet das Temperaturoptimum als einen Temperaturbereich, in welchem die Sterblichkeit während der Entwicklung zur Imago am schwächsten beobachtet ist.

Als Gegenteil zum Entwicklungsoptimum bestimmte er den Temperaturbereich der schnellsten Entwicklung als eine Temperaturzone der maximalen Entwicklungsgeschwindigkeit. Dieser Temperaturbereich ist jedoch nach Sandersen kein Optimum, weil hier ein hoher Prozent der Insekten während der Entwicklung abstirbt.

Eine gleiche Charakteristik des Lebensoptimums befindet sich auch in den Arbeiten der letzten Zeit; Bodenheimer (1930) bezeichnet das Lebensoptimum als einen Temperaturbereich, „in dem die größte Anzahl von Individuen sich zur Imago entwickelt".

Dank der Arbeiten der jüngsten Zeit ist jedoch das faktische Material über das Optimum ziemlich stark vervollständigt und die Charakteristik des Optimums ist beträchtlich verändert.

Auf Grund der Arbeiten von Kirkpatrik (1923) hat Bodenheimer eine andere Charakteristik für das Lebensoptimum angegeben. Er schreibt (1930): Das vitale Optimum „ist eine Kombination einer bestimmten Temperatur und Luftfeuchtigkeit, bei der die Individuen einer Insektenart unter sonst gleichen Bedingungen eine maximale Lebensdauer erreichen". Auf Grund desselben Materials von Kirkpatrik wurde von Weber (1930) eine ähnliche Charakteristik gegeben.

Das experimentelle Material zeigt jedoch eine andere Bedingung des Lebenstemperaturoptimums.

Voelkel (1924) fand in seinen Untersuchungen über die Wirkung der Temperatur auf *Trogoderma granarium* in Hinsicht der Fruchtbarkeit der Eier, daß sie von der Temperatur von 10°—32° sehr stark abhängig ist. Mit der Erhöhung der Temperatur von 10°—32° vergrößert sich die Anzahl der befruchteten Eier; bei 32° ist sie am größten. Eine weitere Erhöhung der Temperatur verursacht das Absinken der Anzahl befruchteter Eier und bei der Temperatur von etwa 40° fällt die Kurve zum Minimum.

Die Versuche von Titschak (1925) geben ähnliches Material über die Temperatureinwirkung auf die Anzahl der abgelegten Eier von *Tineola biseliella*. Er fand eine Vergrößerung der Anzahl der Eier bei den Temperaturen von 15°—20° im Vergleich mit höheren Temperaturen von etwa 30°, die während der Entwicklung des Insekts einwirkten.

Schulze (1926) beobachtete dieselbe Einwirkung der Temperatur bei *Trichogramma evanescens*. Sie fand für diese Schlupfwespe, daß die Entwicklung bei der Temperatur von 29° das Maximum der Eiablage erzielt. Die höheren und niedrigeren Temperaturen verursachten dagegen ein Absinken der Kurve der abgelegten Eier.

Andererseits bestätigen die neueren Untersuchungen von Andersen (1931) über die Abhängigkeit der Lebensdauer der jungen Larven von *Sitona lineata* von der Temperatur die Angaben von Kirkpatrik über die Sterblichkeit von *Oxycarneus hyalinipennis*. Er hat auch nachgewiesen, daß die niedrigeren Temperaturen eine längere Lebensdauer der Larven verursachen. Am längsten lebten die Larven bei der Temperatur von 9°.

Die neueren Untersuchungen von Zwölfer (1931—33) bestätigen die Angaben der vorhergehenden Autoren über die Wirkung der Temperatur auf die Eiablage. Er fand für *Panolis flammea* und *Lymantria monacha* die Abhängigkeit der schwächsten Sterblichkeit des Insekts während der Entwicklung und der maximalen Eiererzeugung von den optimalen Temperaturen.

Janisch (1930—1933) bestätigte die Resultate von Kirkpatrik, Voelkel, Titschak, Schulze, Andersen und Zwölfer über die Eiererzeugung und Sterblichkeit bei der Entwicklung in verschiedenen Temperaturen und gab neues Material über die Abhängigkeit der gesamten Lebensdauer von *Prodenia littoralis* von der Temperatur an.

Er fand, daß die volle Lebensdauer nur in gewissen Temperaturgrenzen möglich ist. Die höheren und niedrigeren Temperaturen verursachen das Absterben des Insekts und zwar je stärker die Temperatur von der mittleren Zone abweicht, in desto jüngeren Entwicklungsphasen das Insekt abstirbt.

Die Kurve hat also zwei Maxima für die gesamte Lebensdauer: ein bei niedrigen Temperaturen und das andere bei hohen. Diese zwei Maxima entsprechen dem vitalen Optimum nicht. In diesen Temperaturbereichen ist die Eiererzeugung sehr schwach, die Eier oft nicht befruchtet und die Imagines fast immer verkümmert.

Dagegen entspricht nach Janisch das Gebiet der kürzesten gesamten Lebensdauer (gesamten Entwicklungsdauer) der maximalen Eiererzeugung und der schwächsten Sterblichkeit und stellt das vitale Optimum für *Prodenia littoralis* dar.

Janisch charakterisiert das vitale Optimum folgenderweise:

„I. Durchlaufen des ganzen Individualzyklus bis zum physiologischen Greisentod.

II. Durchlaufen des ganzen Individualzyklus in der kürzest möglichen Zeit.

III. Größtmögliche Produktion entwicklungsfähiger Eier.

IV. Keine Mortalität, d. h. kein Tod, der nicht durch physiologische Altersschwäche bedingt ist.

V. Gleichmäßig kleine Variationsbreite bei allen Entwicklungsstufen."

Andererseits liefern die Untersuchungen von Necheles (1924) neues Material über das Vorhandensein einer individuellen Wärmeregulation bei Insekten. Er fand bei der schwarzen Schabe eine Erhöhung der Quantität des ausgeschiedenen Wassers, die parallel mit dem Steigen der Temperatur vorgeht.

Ich habe während den Untersuchungen (1930—1933) an demselben Objekt und an den *Phriganiden*larven gefunden, daß die Grenzen der vitalen Temperaturen für das Herz allein (von schwarzen Schabe) viel enger als dieselben für das Insekt sind. Bei den *Phriganiden*larven sind diese Temperaturgrenzen egal. Die quantitative Messung der Intensität der Wärmeabgabe bei 40° für die schwarze Schabe ergab den Wärmeverlust in 10,36 kl. Kalorien pro 1 g-Gewicht während einer Stunde.

Diese Angaben charakterisieren das Temperaturoptimum als einen Temperaturbereich, der durch die termoregulatorische Reaktion begrenzt ist.

Die Änderungen im Verlaufe der einzelnen physiologischen Reaktionen unter der Temperatureinwirkung bei einem und demselben Objekt und ihre Beziehungen auf das vitale Optimum des Organismus ist jedoch nicht erforscht.

Dagegen über den Verlauf einzelner physiologischer Reaktionen unter der Temperatureinwirkung befinden sich in der Literatur zahlreiche Angaben.

Untersuchungen über die Beziehung der Reizbarkeit des Insektennervs zur Temperatur, welche mittels physiologischer Methodik durchgeführt werden, fehlen gänzlich. Die Angaben, die dieselben Beziehungen bei anderen Tiergruppen antreffen, sind folgende:

Snyder (1913) untersuchte die Latenzzeit der Kontraktion des gestreiften Muskels des Ventrikels von der Schildkröte. Die kürzeste Latenzperiode trifft mit der Temperatur von 40° zusammen. Die analogen Angaben geben die Untersuchungen von Schulz für die glatten Muskeln des Froschmagens und Stwart für die Blasenmuskeln einer Katze.

Halliburthon (1915) versuchte die physikalischen Gründe der oberen Temperaturgrenze für die Reizbarkeit zu entdecken. Er untersuchte die Temperatureinwirkung auf die Koagulation des Extraktes eines Nervs vom Frosch und fand, daß unter der Temperatureinwirkung die Opaleszenz schon bei 36° beginnt; die Koagulation der Eiweiße tritt erst bei der Temperatur von 40° auf. Auf Grund dieser Untersuchungen betrachtet er das Auftreten der verminderten Reizbarkeit bei der oberen Temperaturgrenze als Resultat einer physikalischen Temperatureinwirkung.

Sanders (1914), auf Grund seiner Untersuchungen, betrachtet das Verschwinden der Reizbarkeit an der oberen Temperaturgrenze als das Resultat einer ungenügenden Oxydation der Gewebe, die zur partiellen oder vollständigen Erstickung der Gewebe führen kann.

Thorner (1912) versuchte das Verschwinden der Reizbarkeit bei der oberen Temperaturgrenze als das Resultat einer erhöhten Tätigkeit des Organismus, die zur Intoxikation der Gewebe unter dem Einflusse der Zerfallprodukte führt, zu erläutern.

Die Ansicht von Wedensky (1900—1903) verbindet das Absinken der Reizbarkeit unter dem Einfluß der erhöhten Temperatur mit dem Überreizungszustand (Wärmeparabiose). In dieser Hinsicht liefert das Material der Experimente der letzten Zeit den Beweis, daß die Wärmeeinwirkung identisch mit dem Einflusse anderer (chemischer oder physikalischer) Reize ist.

Die Experimente von Resvjakov (1923) zeigen, daß die Einwirkung von Anelektrotonus während der Wärmeparabiotisation zur Rückkehr der Reizbarkeit des Nervs führt.

Was die Insekten anbetrifft, so befinden sich in der Literatur eine Reihe biologischer Angaben über die Abhängigkeit des Aktivitätszustandes der Insekten von der Temperatur.

Bodenheimer (1929) führt eine Kurve der Abhängigkeit der Aktivität verschiedener Entwicklungsphasen von *Schistozerca gregaria* von der Wärme an. Das Maximum der Aktivität der Tiere fällt mit der Temperatur von 41,8°—44,3° zusammen.

Andersen (1931) fand eine ähnliche Abhängigkeit für den linierten Rüsselkäfer *(Sitona);* Härter (1923) erwähnt dieselbe für die Ameisen.

Die neueren Untersuchungen von Zwölfer (1931) über die Abhängigkeit der sexuellen Aktivität der Kieferneule *(Panolis)* von der Wärme zeigen das Maximum bei der Temperatur von 14°; das Minimum

der Kurve befindet sich bei 8°, das Pessimum ist bei der Temperatur von 27°.

Die Aktivität der Insekten in Beziehung auf die Wärme wurde auch physiologisch in Hinsicht der rhythmischen Reaktionen (Herz- und Atemrhythmus) untersucht.

Walling (1906) gibt eine Kurve für die Abhängigkeit des Atemrhythmus der Geradeflügler; der Beginn der Atemfrequenz ist bei der Temperatur von 5°—6°; das Maximum wird bei der Temperatur von 51° erreicht und das zweite Minimum liegt bei 57°. Über die Wirkung der Wärme auf die Atemfrequenz schreiben auch Newport (1838), Büthschli (1878), Girard (1868) u. a.

Über die Abhängigkeit des Herzrhythmus von der Wärme (1915) schreibt Polimanti; er fand beim Seidenspinner *(Bombyx mori)* das Maximum der Frequenz bei der Temperatur von 40°; die höheren Temperaturen wurden nicht untersucht.

Fischer (1918) beobachtete das Maximum des Herzrhythmus der Parargeraupen bei der Temperatur von 40°; das Pessimum wurde auch nicht untersucht. Die späteren Arbeiten von Crozier und Federighi (1925) über die Wirkung der Wärme auf den Herzrhythmus vom Seidenspinner, dieselben von Fries (1926) für die schwarze Schabe und Koizumi (1928) für die Chironomidenlarven geben ähnliche Resultate.

Polimanti (1913) betrachtet den Verlauf der Temperaturkurve nach RGT.-Regel, wo er die Koeffizienten in allen untersuchten Temperaturintervallen etwa gleich 1,450 fand. Bei der Temperatur von 15° ist jedoch der Temperaturkoeffizient 1,588 und bei 40° ist er gleich 1,200.

Die Angaben von Fischer, so auch der anderen Autoren, bestätigen das Steigen des Herzrhythmus in Beziehung auf die Temperatur nach RGT. nicht. Dagegen ist die Beschleunigung des Herzrhythmus unregelmäßig und die Kurven erinnern eher an die von Vertebraten (siehe Cesana 1912, Andersen 1929 u. a.).

Was die Einwirkung der Wärme auf den Stoffwechsel anbetrifft, so sind in der Literatur nicht wenig Angaben.

Bütschli (1874) hat nachgewiesen, daß der relative Gaswechsel (pro Zeiteinheit und Gewicht) bei der schwarzen Schabe von 3°—32° sich gleichmäßig erhöht. Die Untersuchungen von Slovzov (1909) auf zerriebene Insekten bestätigen diese Angaben nicht; er fand, daß in einigen Temperaturintervallen O_2-Verbrauch fast konstant bleibt.

Batelli und Stern (1913) haben den Gaswechsel beim Maikäfer im Intervall von 20°—30° untersucht; es ergab sich ein ständiges Steigen des Gaswechsels; das zweite Minimum jedoch wurde nicht untersucht. Buddenbrock und Rohr (1922) untersuchten den Einfluß der Wärme auf den Gaswechsel von *Dixippus morosus* im Intervall von 10°—34°. Der O_2-Verbrauch war in diesem Falle direkt proportionell der Temperaturerhöhung. Die Störungen dieser Gesetz-

mäßigkeit bei höheren Temperaturen betrachten diese Autoren als das Resultat der Einwirkung der Lokomotion der Tiere. Eine starke Erhöhung des Gasaustausches unter der Temperatureinwirkung wurde auch bei anderen Objekten gefunden (Heller, 1930, Betelli, 1908—1913, Regniol und Reise u. a.).

Potonie (1934) untersuchte die obere Temperaturgrenze in Hinsicht des Umkehrpunktes, er fand das Maximum bei der Mehrzahl der untersuchten Objekte bei der Temperatur von 40 °—50 °.

Das Maximum liegt nach Potnie für *Cosmotriche patatoria* (Puppen) bei der Temperatur von 51 °; für *Limantria dispar* (Schmetterlinge) bei 47 °; für *Deilephila euphorbiae* bei 48 ° (für Puppen) und bei 41,5 ° (für Schmetterlinge); für *Gryllus campestris* ist es bei 38 °; für *Oedipoda coerulescens* bei 44,5 °.

Das nachfolgende Absinken des O_2-Verbrauches verläuft sehr rasch oft innerhalb einiger Temperaturgrade. Den Tod durch die Wärme betrachtet Potonie als Resultat einer Erstickung des Organismus wegen dem relativen O_2-Mangel.

Die Untersuchung von Farrer (1931) über den Gasaustausch der Biene bei verschiedenen Temperaturen gibt im Gegensatz zu den vorhergehenden zwei Maxima für O_2-Verbrauch (im Falle des individuellen Versuches). Diese Angaben bestätigen dieselben von Pahron (1909) über das Steigen des Gasaustausches der Biene bei der Erniedrigung der Temperatur.

Die Ungleichmäßigkeit der Änderungen der metabolischen Prozesse unter der Temperatureinwirkung bestätigen auch die Untersuchungen des Nahrungsverbrauches bei verschiedenen Temperaturen. Titschak (1925) für die Kleidermotte hat nachgewiesen, daß die Quantität der aufgenommenen Nahrung während der Metamorphose bei der Temperatur von 15 ° viel größer als bei 30 ° ist. Der relative Nahrungsverbrauch ist jedoch bei der Temperatur 30 ° viel größer als bei 15 °. Die Größe der Schmetterlinge, so auch das Gewicht derselben, war bei niedrigeren Temperaturen bedeutend größer. Die oben erwähnten Resultate von Farrer stimmen mit denselben über die Ernährung von Tineola.

Die relative Erhöhung der Ernährung bei Insekten, die durch das Steigen der Temperatur verursacht wird, wurde von vielen Autoren nachgewiesen (Blunck, 1923, Nenjukov und Parfentjev, 1929 u. a.). Parker (1929) untersuchte die gesamte Quantität der aufgenommenen Nahrung während des ganzen Entwicklungszyklus für *Melanoplus atlantis* bei verschiedenen Temperaturen. Er fand im Gegensatz zu Titschak, daß, obgleich die Aufnahme der Nahrung pro Zeiteinheit mit dem Steigen der Temperatur sich sehr stark erhöht, die gesamte Menge der aufgenommenen Nahrung in allen untersuchten Temperaturintervallen fast konstant bleibt. Dieselben Resultate erhielt auch Filinger (1931) bei der Untersuchung an *Phlyctaenia ferru-*

galis im Temperaturbereich von 15°—30°. Er gibt jedoch größeren Wert der mittleren Temperaturen als der höheren an.

Die Untersuchungen von Krogh (1914—1921) stehen auch diesen Angaben am nächsten. Er fand für die *Tenebrio*puppen die gesamte Quantität der ausgeschiedenen Kohlensäure während der Metamorphose bei allen untersuchten Temperaturen (20°—32,5°) konstant. Den Energieverbrauch während der Puppenmetamorphose betrachtet er aus diesem Grunde als konstant und zwar 0,396 Kal. gleich.

Im Widerspruch zu diesen Untersuchungen stehen dieselben von Janda und Koéjan (1933), die auch auf *Tenebrio*puppen durchgeführt waren. Die Kurven des O_2-Verbrauches während der ganzen Metamorphose der Puppen in Verhältnissen verschiedener Temperaturen bedeuten viel kleinere O_2-Gesamtmenge bei mittleren Temperaturen als bei höheren und niedrigeren.

Was die Wirkung der Temperatur auf die Entwicklung der Insekten anbetrifft, so sind in der Literatur darüber zahlreiche Angaben. Das Maximum der Entwicklungsgeschwindigkeit fällt bei der Mehrzahl der Objekte mit der Temperatur von 30° zusammen. Die Grenztemperaturen sind meistens bei 35°—37° und 10°—12°. Die Literatur über diese Reaktion ist von Bodenheimer (1926), Janisch (1927) und Uvarov (1931) gesammelt und eine Wiederholung hier scheint mir überflüssig zu sein.

Die Änderungen im Verlaufe dieser Reaktion bei der Temperatureinwirkung sind nach der Mehrzahl der Autoren den vorhergehenden Reaktionen ähnlich. In Hinsicht der gesamten Entwicklung, so auch wie für die Ernährung, Gasaustausch und Energieverbrauch ist der Standpunkt über eine konstante Gesamtmenge der aufgenommenen Wärme (Wärmesummenregel) während der ganzen Metamorphose weit verbreitet.

Diese hyperbolische Darstellung der Beziehung der Entwicklung zur Wärme wurde von vielen Autoren kritisiert (siehe Janisch, 1925—1933, Martini, 1928, Bodenheimer, 1926 u. a.).

Was die vorliegende Arbeit anbetrifft, so gibt sie Material über die Beziehung zum Lebenstemperaturoptimum der Maxima folgender physiologischer Prozesse: der Reizbarkeit, der Herztätigkeit, der Atmung und der Entwicklung.

Als Objekt zur Erforschung der ersten drei oben erwähnten Prozesse benutzte ich die schwarze Schabe, während die Entwicklungsdauer an Lepidopterenpuppen untersucht wurde. Parallel wurden noch Phriganidenlarven, erwachsene *Calliptamus itilicus*, *Locusta migratoria*, Agrotinenraupen u. a. untersucht.

Die Methodik der Arbeit war folgende:

Zur Untersuchung der Reizbarkeit diente der bekannte Reizapparatur-Induktionsapparat von Dubois-Reymond, bipolare (bezw. unipolare) Elektroden u. a. Der primäre Strom war von 3 V. Spannung. Das Versuchsobjekt wurde in einem Glaszylinder auf einem

Korke oder auf einer Wachsplatte befestigt. Der Zylinder wurde während des ganzen Versuches in ein Wasserbad von entsprechender Temperatur getaucht. Die relative Feuchtigkeit im Zylinder erreichte etwa 90 %. Zur Untersuchung dienten Schaben und Raupen. Die Versuchstiere wurden folgenderweise präpariert. Bei den Raupen wurde die Chitinkutikula von der Ventralseite zerschnitten und die Elektroden in der Muskelschicht des Objektes befestigt. Die Konnektiven zwischen den kapitalen und thorakalen Ganglien wurden zerschnitten; in einigen Fällen wurden dekapitierte Raupen benutzt. Von den Schaben nahm ich zur Untersuchung nur die Hinterbeine; das abgeschnittene Bein wurde auf den Elektroden befestigt und, wie oben erwähnt, in dem ins Wasser getauchten Glaszylinder beobachtet. Trotz meiner zahlreichen Versuche ergab sich die Arbeit mit den Nervenmuskelpräparaten aus den Geweben der Insekten als unmöglich, da der Nerv auf den Elektroden sehr schnell degeneriert.

Die Untersuchung der Atemfrequenz wurde mit Hilfe der gewöhnlichen Apparatur (Schreibhebel, Kymographion, Zeitmarkierer usw.) durchgeführt. Die Schreibhebel und der Zeitmarkierer wurden vor der Öffnung einer dunklen Kammer, in der sich das Kymographion befand, aufgestellt und mit elektrischem Licht bestrahlt, so daß ihre Schatten auf das lichtempfindliche Papier abgeworfen und darauf fixiert wurden. Zur Untersuchung dienten *Blatta, Calliptamus* und *Locusta.* Die zwei letzteren Objekte verlangten keine besondere Vorbereitung, während für die Schaben, deren Atembewegungen kaum bemerkbar und nicht aufschreibbar sind, eine spezielle Präparation notwendig war. Ich öffnete mit einer Lanzette die Kopfkapsel der Schabe; die Untersuchung selbst begann nach einer Pause von 15—30 Minuten. Ich reizte während des ganzen Versuches mit schwachen, in 3—5 Minuten nacheinanderfolgenden elektrischen Stößen die Oberfläche des Gehirnes. Bei der Anwendung solcher schwacher Reize wurden die Atembewegungen stärker und ihr Aufschreiben ermöglicht. Die Untersuchung führte ich wie im ersten Falle in einem Wasserbad von entsprechender Temperatur durch.

Zum Untersuchen der Herztätigkeit bediente ich mich derselben Methodik wie bei der Untersuchung der Atembewegung. Die Vorbereitung der Präparate war eine spezifische. Ich schnitt alle Abdominasternite bei einer Schabe aus und füllte den Raum des Abdomens mit physiologischer Lösung von 1,0 % NaCl. Der Darm wurde sorgfältig und unverletzt aus dem Hohlraum herausgenommen und die Schreibhebel am entblößten Herz mit Hilfe eines Haares befestigt.

Die Präparation wurde auf dem Wachsboden eines im Wasserbad von notwendiger Temperatur liegenden flachen Täßchens durchgeführt. Bei dieser Präparation arbeitete das Herz stundenlang.

Die Untersuchungen der Wirkung der Temperatur auf den Entwicklungsprozeß der Puppen wurde mit Hilfe der gewöhnlichen Me-

thodik im Polithermostat durchgeführt. Die Feuchtigkeit war in allen Fällen konstant; die Regulierung derselben wurde durch Anwendung von konzentrierter Schwefelsäure erreicht.

II. Experimentelles Material.

Die Untersuchungen der Reizbarkeit der Muskulatur des Hinterbeines von *Blatta* hat folgende Kurve gegeben.

Kurve I (für Schaben).

	Temperatur						
	10	15	20	25	30	35	40
Reizbarkeit	15—20	22—30	25—35	48—57	65—85	80—59	25—30

Für die Raupen von *Galleria melonella* erhielt ich eine ähnliche Kurve.

Kurve II (für Schaben).

Nr. des Versuches	Temperatur							
	15	20	25	30	35	40	45	50
4	30	35	42	47	48	68	70	0
5	34	—	34	50	—	—	20	0
8	—	32	—	—	86	110	57	—
9	—	30	—	45	40	64	60	0
10	26	—	34	45	86	116	160	0

Die Werte in den Tabellen geben die Entfernung der sekundären Spirale von der primären in Zentimetern an. Sie zeigen den Moment des ersten motorischen Effektes des Reizes bei der entsprechenden Temperatur an. Da im ersten Falle für jeden Versuch das Objekt nur einmal benutzt wurde, sind hier also jede Spureffekte ausgeschlossen. Die zweite Tabelle stellt die Resultate der Versuche dar, in welchen bei einer Reihe Temperaturen ein und dasselbe Objekt benutzt wurde.

In beiden Fällen ergab sich die stärkste Reizbarkeit bei der Temperatur von 35 °—40 ° C. Doch dauert bei dieser Temperatur die Tätigkeit des Nervs nicht lange; schon nach wenigen Minuten verfällt er in einen Lähmungszustand.

Eine ständige Tätigkeit des Präparates findet bei den Temperaturen von 20 °—25 ° statt.

Bei der Untersuchung der Atemfrequenz ergaben sich folgende Resultate. Die Frequenz der Atembewegungen variiert im Verhältnis mit der Temperatur folgenderweise:

Kurve III (für Schaben).

Reaktion	Temperatur								
	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Maximum . . .	10	30	45	80	100	120	150	50	—
Mittelwert . . .	4	16	25	35	40	57	43	10	—
Minimum . . .	0	10	10	15	16	30	0	0	0

Kurve IV (für *Calliptamus italicus*).

Reaktion	Temperatur								
	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Mittlere Frequenz . .	4	4	4	4	50	100	129	160	?

Der Verlauf der Atembewegungen wird in Hinsicht der Amplituden und der Form durch eine Reihe von Pneumogrammen charakterisiert (Abb. 1).

Aus dem angeführten Material sieht man, daß die Atemfrequenz erst zwischen 10 ° und 15 ° C beginnt. Bei dieser Temperatur sind die

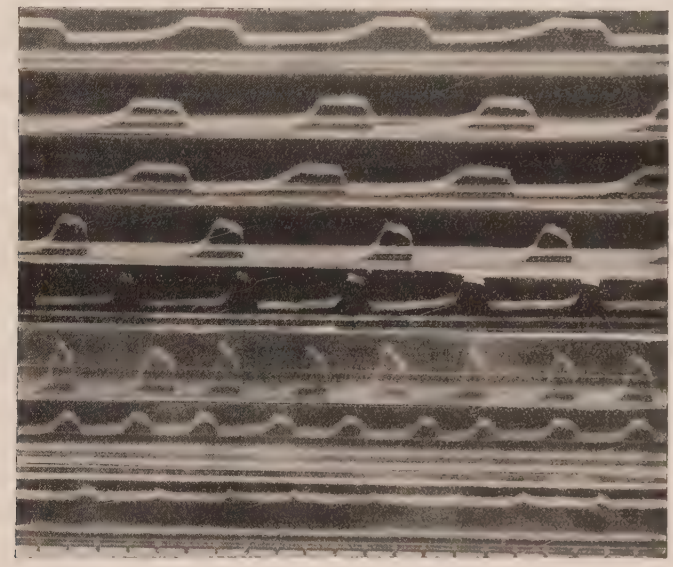


Abb. 1. Die Abhängigkeit der Atemfrequenz von Blatta von der Temperatur. Von oben: I: 15; II: 20; III: 25; IV: 30; V: 35; VI: 40; VII: 45; VIII: 50. Unten: Zeitmarkierer-Sekundeneinstellung.

Atembewegungen schwach, die Pausen tief und dauernd. Mit dem Steigen der Tempertur nimmt die Frequenz der Kontraktionen zu; auch vergrößern sich die Amplituden. Bei 40 ° C sind sie am größten. Im Gegensatz zu dem, was bei der Herztätigkeit stattfindet, verschwindet die Pause der Atemtätigkeit mit dem Steigen der Temperatur nicht. Bei höheren Temperaturen (von 45 ° für Schaben) nimmt die Frequenz der Kontraktionen zu, doch sind die Amplituden schwächer und die Zukkungen spasmatisch. Auf der Pneumogramme beobachtet man auch während der Pause eine Einbuchtung, die eine Schwächung der Muskulatur bedeutet. Bei 50 °—55 ° sind bei der Schabe keine bestimmten Amplituden vorhanden, die Atembewegungen sind chaotisch ohne Rhythmus. Charakteristisch ist, daß die reversiblen Änderungen

in der Atemtätigkeit nur bis zur Zone der höchsten Amplituden (bis 40 °—45 ° für Schaben) stattfinden.

Diese Temperatur entspricht also der stärksten Tracheenventilation. Die höheren Werte, welche für *Calliptamus* erhalten wurden, stehen wahrscheinlich in Verbindung mit der Termophilität dieser Art. Parallel zu diesen Beobachtungen untersuchte ich die Wasserabgabe bei Schaben bei verschiedenen Temperaturen. Die Methodik war der Necheles schen analog.

Das Objekt befand sich in einem kleinen Glasgefäß von etwa 20 ccm Inhalt, das einen mit zwei Röhrchen versehenen eingeschliffenen Glaskorken besaß und in ein Wasserbad getaucht wurde. Die mit Hilfe von Schwefelsäure getrocknete Luft trat ins Gefäß durch das eine von den oben erwähnten Glasröhrchen ein. Die aus dem Gefäße austretende Luft strömte durch die andere Röhre, welche in Verbindung mit einer Kalziumchlorid enthaltenden U-Röhre stand. Das ganze System wurde mit einem Aspirator verbunden.

Diese Untersuchung gab folgende Resultate:

Kurve V (für Schaben).

Temperatur	Wasserabgabe in Milligramm auf 1 g Tiergewicht und auf einen Zeitraum von 1 Stunde		
	Maximum	Mittelwert	Minimum
0	2,05	1,18	0,00
5	5,70	3,05	0,80
10	6,50	4,25	1,60
15	5,70	3,11	2,00
20	4,57	3,10	2,14
25	8,00	3,86	2,50
30	12,23	7,19	4,28
35	20,00	11,58	7,50
40	23,33	18,00	8,00

Bei 40 ° findet die Wasserabgabe ihr Maximum. Diese Temperatur entspricht auch der stärksten Tracheenventilation. Ein zweites Maximum sehen wir bei der Temperatur von 10 °. Es ist dem gesteigerten Metabolismus zuzuschreiben, welcher unter Einwirkung der Kälte eintritt.

Diese zwei Maxima bedeuten das Vorhandensein eines Wärmeregulationsprozesses bei der schwarzen Schabe, was schon von Necheles behauptet wurde.

Die Untersuchung der Herztätigkeit ergab folgende Resultate:

Kurve VI (für Schaben).

	Temperatur								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Rhythmus . . .	0	20	50	60	80	130	170	240	0

Die höchste Frequenz wird also bei der Temperatur von 40° erreicht. Die Abb. 2 illustriert die Wirkung der Temperatur auf die Herztätigkeit. Wir sehen, daß im Temperaturbezirk bis 30° die Amplituden sich parallel mit dem Steigen der Temperatur vergrößern. Oft findet diese Vergrößerung bis 35° statt. Die Pause verschwindet bei dieser Temperatur gänzlich und über dieser Temperaturgrenze verursachen die höheren Temperaturen die Verminderung der Amplituden. Diese Temperaturzone ist durch das Vorhandensein des sogenannten Flimmerns charaktristisch. Während bei den Schaben das Maximum bei 30° liegt, befindet es sich bei den Agrotinenraupen schon bei der Temperatur von 25° bis 30°. Alle Änderungen der Tätigkeit des Herzens in Beziehung auf die Temperatur lassen sich folgenderweise charakterisieren. Bei der Temperatur von 10° ist noch kein bestimmter Rhythmus vorhanden; es sind nur einzelne Systolen nachzuweisen. Im Temperaturbereich zwischen 10° und 20° steigt der Rhythmus parallel zur Vergrößerung der Amplituden; die Pause bleibt entweder unverändert oder wird etwas verkürzt. Weiter bis 30° verschwindet allmählich die Pause und während des Steigens der Temperatur im Bereich von 30° bis 40° findet eine Verkleinerung der Amplituden statt, welche dem Steigen des Rhythmus parallel vorgeht.

Abb. 2. Die Abhängigkeit des Herzrhythmus von der Temperatur. Von oben:
I: 15—20; II: 20—25; III: 25—30; IV: 30—35; V: 35—40.

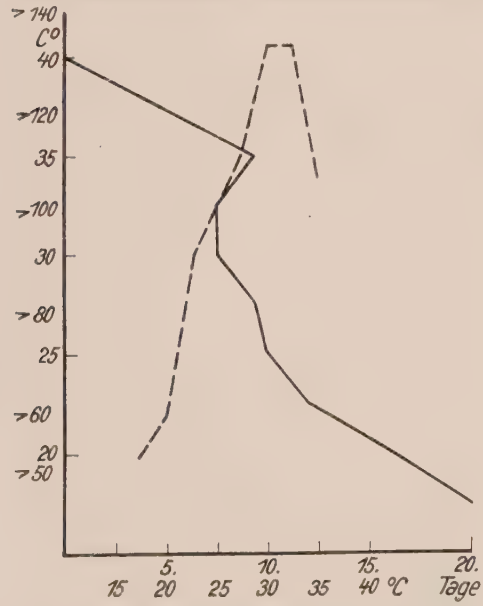


Abb. 3. Entwicklungsdauer von Ephestia. Puppen ——— (Ordinate Temperatur) und Entwicklungsgeschwindigkeit — — — (Abszisse Temperatur). Entwicklungseinheiten 1/1000.

Die Resultate der Untersuchung der Wirkung der Temperatur auf die Entwicklungsgeschwindigkeit der Lepidopterenpuppen lassen sich folgenderweise darstellen (Abb. 3).

Die Entwicklungsdauer der *Ephestia*puppen:

Kurve VII.

	Temperatur							
	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0
Dauer in Tagen	18—23	15—17	9—15	8—12	6—12	5—10	5—10	8—11

Bei 40 ° sterben alle Puppen ab. Die maximale Entwicklungsgeschwindigkeit wird also für Ephestia bei den Temperaturen von 30 ° bis 32 ° beobachtet. Für *Agrotis segetum* ist die entsprechende Kurve derjenigen von *Ephestia* sehr ähnlich, nur das Maximum liegt bei der Temperatur von etwa 27 °—28 °. Das Minimum der Sterblichkeit der *Ephestia*puppen liegt bei viel niedrigeren Temperaturen, nämlich bei 25 °; für *Agrotis*puppen liegt es bei 22.

In unserem Falle, wie es schon andere Autoren nachgewiesen haben, wird das Zusammenfallen der maximalen Eierproduktion [1]) mit dem Temperaturbezirk der schwächsten Sterblichkeit beobachtet. Ich stelle diese Verhältnisse in der folgenden Tabelle zusammen.

Kurve VIII.

Wirkung der Temperatur auf Entwicklung von *Ephestia kühniella* Zell. bei einer relativen Feuchtigkeit von 60 %.

Temperatur	Entwicklung in Tagen	Sterblichkeit %	Eiererzeugung pro Weibchen
17,5	18—23	24	190
20,0	15—19	17	190
22,5	9—15	15	152 (?)
25,0	8—12	5	206
27,5	6—12	18	116
30,0	5—10	15	140
32,5	5—10	54	36
35,0	8—11	75	14
40,0	0	100	0

Die gleichwertigen Resultate erhielt ich für *Agrotis segetum* Schiff.

III. Ergebnisse.

Wenn wir den Verlauf einzelner physiologischen Prozesse miteinander vergleichen, so ergibt sich folgendes. Die Reizbarkeit des Nervs beginnt bei den untersuchten Objekten von 5 ° C; bei dieser Tempe-

[1]) Die Eierproduktion stellt die gesamte Zahl der vom Weibchen abgelegten und nach ihrem Tode in den Eierstöcken gefundenen Eier dar.

ratur hört der motorische Effekt des Präparates auf. Die Temperatur von 10 ° ist durch den Beginn rhythmischer Herz- und Atemtätigkeit für die Schabe charakteristisch. Doch sind hier beide Prozesse noch nicht ständig. Die niedrige Temperaturstufe für den Gasaustausch von *Blatta* ist noch nicht festgestellt, doch liegt sie jedenfalls niedriger als bei 0 °.

Die Temperaturen, bis zu welchen die Erhöhung der Effektivität der Reaktion stattfindet, sind: für die Atemfrequenz und den Gasaustausch von 45 ° (die Wasserabgabe ist bei den größten Atemamplituden am höchsten); für die Reizbarkeit und für die Herztätigkeit liegt die entsprechende Temperatur niedriger, nämlich bei 35 °—40 ° für die erste Reaktion und bei 30 °—35 ° für die zweite.

Die pessimalen Temperaturen, d. h. diejenigen, bei welchen die Depression der Vorgänge stattfindet, liegen: für die Reizbarkeit (Wärmeparabiotisation) bei 40 °—45 °; für die Herztätigkeit (Beginn der Verkleinerung der Amplituden und des Flimmerns) bei 35 °—40 °; für die Atemtätigkeit bei 55 °; der Gasaustausch hört bei dieser Temperatur auf.

Zu diesem kann ich auf Grund meiner kurzen Beobachtungen hinzufügen, daß für die Ernährung der schwarzen Schaben die minimalen Temperaturen bei 10 °—15 ° und die pessimalen bei 30 °—35 ° liegen.

Das ganze Material läßt sich folgenderweise summieren:

Prozesse	Temperaturen des			
	Minimums	Maxiuums	Pessimums	Amplitude der Reaktion
Gasaustausch . . .	0	40—45	45—55	60—45
Reizbarkeit . . .	5—10	35—40	40—45	40—75
Atemfrequenz . .	10—15	40—45	45—55	45—30
Herztätigkeit . . .	10—15	30—35	35—40	30—20
Ernährung . . .	10—15	?	30—35	20—15

Der Gasaustausch geht in dem größeren Temperaturbereich vor, welcher wahrscheinlich dem Bereich der Lebensmöglichkeit entspricht und umfaßt 60 °. Der Reizbarkeit entspricht ein engerer Bereich von etwa 40 °; für die rhythmischen Reaktionen ist er noch enger: für die Herztätigkeit etwa 30 ° und für die Atemfrequenz ist er größer und erreicht 40 °—45 °. Der Unterschied zwischen den Grenztemperaturen dieser zwei Reaktionen ist als Resultat der Termoregulation aufzufassen. Wahrscheinlich entspricht die Temperaturgrenze der Tätigkeit des Herzenspräparates derjenigen des unverletzten Tieres und wenn die Herztätigkeit schon bei 40 ° aufhört, so muß der Atemrhythmus bei derselben Körpertemperatur des Insekts aufhören, obwohl die Außentemperatur auch 55 °—60 ° erreichen kann.

Merkwürdig ist die Abwesenheit der rhythmischen Reaktionen bei den Temperaturen, wo einzelne Reflexe noch möglich sind. Der Ernährungsprozeß, der gleichzeitig mit den rhythmischen Reaktionen be-

ginnt, hört viel früher auf. Seine Amplitude umfaßt im ganzen einen Temperaturbereich von 20°.

Aus diesem Vergleiche tritt der Zusammenhang zwischen der Größe des Bereiches und dem Charakter der Reaktion hervor. Solche Prozesse wie Oxydation, die ohne Nervenregulation verlaufen können, haben den größten Temperaturbereich; dagegen geht der Ernährungsprozeß, in welchem viele verschiedene Reaktionen miteinander verbunden sind, in engeren Grenzen vor.

Aus dem Temperaturbereich des Lebens, der für die schwarze Schabe etwa 60° umfaßt, erreicht der Intervall, in dem alle Lebensprozesse verlaufen, nur 20° und liegt zwischen 15° und 35°. Doch liegt das Optimum in viel engeren Grenzen.

Die untere Zone (etwa von 15°—22° für die Schabe) dieser Temperaturen entspricht den Bedingungen, bei welchen alle untersuchten Reaktionen (der Gasaustausch ausgeschlossen) zu ihrem vollen Tätigkeitseffekt nicht kommen. In dieser Zone verlaufen sie alle zu langsam. Dagegen im oberen Temperaturbezirk (von 27°—35°) ist der gesamte Effekt weniger bedeutend. Die Reizbarkeit ist stark erhöht und die rhythmischen Reaktionen sind zu impulsiv; in diesem Temperaturintervall wird die Ermüdung des Organismus schnell erreicht. Nur bei einem kurzen Intervall von etwa 5° können die untersuchten Reaktionen ohne Ermüdung und mit vollem Effekt verlaufen. Die rhythmischen Reaktionen und die Reizbarkeit sind hier ständig und die Ermüdung beginnt erst nach langer Tätigkeitszeit. Die Ernährung ist nach Zacher (und auch nach meinen kurzen Beobachtungen) für die schwarze Schabe in diesem Temperaturbereich am größten.

Filinger (1931) gibt in seiner Arbeit über die Ernährung von *Phlyctaenia* folgende Ergebnisse an:

Temperatur	Quantität der Nahrung	Entwicklungszeit in Tagen	% der entwickelten Insekten
15	868	58	12
20	870	22	46
25	815	12,8	38
30	735	11	8

Aus dieser Tabelle tritt hervor, daß die größte Menge der Nahrung in jenem Temperaturbereich gefressen wird, in welchem die größte Zahl der Individuen ihre Entwicklung vollendet.

Was die Form der Kurven anbetrifft, so läßt sich über sie folgendes bemerken (Abb. 4):

Im Verlaufe der obenbeschriebenen Temperaturkurven verschiedener Reaktionen kann man auch einige gemeinsame Züge finden. Es können folgende Beschleunigungszonen der Reaktionen angegeben werden: die erste Zone der suboptimalen Temperaturen, in welcher ihre Beschleunigung stark ist; in diesem Intervall steigt die Kurve steil nach oben. Die zweite der optimalen Zone, hier ist die Bescheunigung

der Prozesse schwächer und die Kurven steigen weniger steil; in diesem Temperaturbereich ist im Falle der Wasserabgabe eine Einbuchtung. In dritter Zone der maximalen Temperaturen ist die Beschleunigung der Reaktionen wieder stärker und die Kurven steigen wieder steil. In diesem Temperaturbereich findet im Falle der komplizierten Reaktionen (Atemfrequenz, Herzrhythmus, Wachstum) vor der Spitze der Kurve noch eine Ausbuchtung der Linie statt. Für die Wasserabgabe und Reizbarkeit fehlt sie gänzlich. Sie bedeutet wahrscheinlich den Einfluß der veränderten Tätigkeit des Nervensystems, welche in diesem Temperaturbereich stattfindet. Der Verlauf der Kurven wird durch die charakteristische Änderungen des Beschleunigungskoeffizienten in den verschiedenen Temperaturbezirken ausgedrückt. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Q_5-Werte der fünf untersuchten Reaktionen.

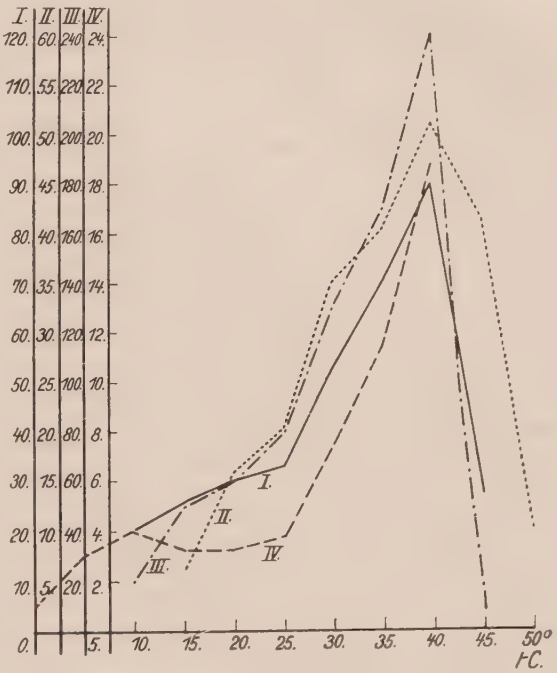


Abb. 4. Die Temperaturkurven einzelner physiologischer Prozesse von schwarzer Schabe.

I. Reizbarkeit des Hinterbeines; Ordinate: Zentimeter der Entfernung der Spiralen. II. Atemfrequenz; Ordinate: Zahl der Schläge. III. Herzrhythmus; Ordinate: Zahl der Pulsationen. IV. Wasserabgabe; Ordinate: Milligramm des Wassers pro eine Stunde auf ein Gramm Tiergewicht.

Temperatur	Werte Q_5 für[1])				
	Wasserabgabe	Reizbarkeit	Atemfrequenz	Herztätigkeit	Entwicklung
5	2,5	—	—	—	—
10	1,4	1,5	—	—	—
15	1,4	1,2	—	2,5	—
20	1,0	1,2	4,0	1,2	1,8
25	1,2	1,0	1,5	1,3	1,22
30	1,8	1,6	1,4	1,6	1,24
35	1,5	1,5	1,1	1,3	—
40	1,5	1,1	1,4	1,4	—

[1]) Die Beschleunigung ist für den 5 grad. Intervall ausgerechnet; Q_{10} ist zu breit und erlaubt nicht, alle Änderungen der Kurvenformen auszudrücken.

Was die Beziehung der einzelnen physiologischen Prozesse auf das vitale Optimum des Organismus anbetrifft, so ergibt das oben angeführte Material folgendes:

Der Bereich der optimalen Temperaturen, der biologisch von allen Autoren durch die schwächste Mortalität während der Entwicklung und die größtmögliche Eierproduktion während des imaginalen Stadiums charakterisiert wird, entspricht der mäßigen Geschwindigkeit der physiologischen Prozesse. Der Bereich der maximalen Geschwindigkeit der rhythmischen Reaktionen — Atem- und Herzrhythmus, so auch wie derselben für die höchste Reizbarkeit — liegt für die schwarze Schabe etwa 15° höher als das vitale Optimum.

Wie es oben erwähnt wurde, wird bei der maximalen Geschwindigkeit des Verlaufes der physiologischen Prozesse sehr schnell die Ermüdung des Organs oder des ganzen Organismus erreicht, obwohl die relative (pro Zeiteinheit) Effektivität der Tätigkeit sehr hoch sein kann. Das Optimum charakterisiert also der mäßige Rhythmus physiologischer Prozesse, bei welchem die größte Dauer der Arbeit der Organe möglich ist.

In Hinsicht der assimilatorischen Tätigkeit des Organismus liegt mir leider nicht genügendes Material vor. Die Ergebnisse anderer Autoren (Titschak, Filinger) bestimmen eher das vitale Temperaturoptimum als das Maximum der assimilatorischen Tätigkeit des Organismus, was wahrscheinlich mit den bequemsten Rhythmen in Zusammenhang steht. Die Angaben der jüngsten Zeit (Janda) über den Energieverbrauch während der Entwicklung unter dem Einflusse der optimalen Temperaturbedingungen bestimmen das vitale Optimum als einen Temperaturbereich des verminderten Energieverbrauches während der Entwicklung.

Diese letzte Charakteristik des vitalen Optimums wird gefördert durch die neueren und speziellen Untersuchungen über den Metabolismus während der Entwicklung, welche als Kontrolle zu Kroghs Ergebnissen über den Gaswechsel dienen können.

Auch die Bestimmung des vitalen Optimums nach Janisch als eines Temperaturbereiches, wo „das Durchlaufen des ganzen Individualzyklus in der kürzest möglichen Zeit“ ist, wird physiologisch nicht bestätigt.

Was die pessimalen Temperaturen anbetrifft, so können sie nicht einfach durch die Erstickung oder durch die Intoxikation des Organismus erläutert werden.

Die Untersuchung des Verlaufes einzelner Prozesse ergibt erstens, daß die rhythmischen Reaktionen (Atemtätigkeit und Herztätigkeit) viel früher als die reflektorischen von der Temperatur beeinflußt werden.

Die schädliche Wirkung der höheren Temperaturen kann man aus diesem Grunde als einen hemmenden Einfluß auf die Tätigkeit der nervösen Zentren betrachten. Die ersteren Reaktionen, die durch die Hemmung beeinflußt werden, sind die rhythmischen Prozesse.

Als eine sekundäre Erscheinung folgt dann die partielle oder vollständige Erstickung des Organismus und es kann sich auch eine Intoxikation der Gewebe entwickeln (Sanders, Potonie, Thorner u. a.).

Das schnelle Absinken der Temperaturkurven aller physiologischen Prozesse steht im Zusammenhang mit dem Ausfallen der termoregulatorischen Tätigkeit, die nach dem Ausfallen des normalen Atemrhythmus zerstört wird.

IV. Zusammenfassung.

I. Die Untersuchung bezweckte, die Abhängigkeit einzelner physiologischer Prozesse von der Temperatur bei einer Art — *Blatta orientalis* — zu erforschen, gleichzeitig wurden auch andere Insekten untersucht — *Calliptamus italicus, Locusta migratoria, Ephestia kuehniella, Agrotis segetum, Agrotis occulta* u. a. Es wurden Reizbarkeits-, Atmungs-, Herztätigkeits-, Wachstums- und teilweise Ernährungsprozesse untersucht.

II. Die Temperaturbereiche aller dieser Prozesse sind verschieden. Am größten ist der Bereich für den Gasaustausch; er umfaßt etwa 60° von —5°—55°. Die Reizbarkeit umfaßt etwa 40° von 5°—45°; die rhythmischen Prozesse etwa 30° von 10°—40° (die Atemfrequenz umfaßt eine breitere Amplitude, was in Verbindung mit der termoregulatorischen Reaktion steht). Die Ernährung umfaßt einen Bereich nur von 20°; sie verläuft nur im Intervall von 15°—35°.

III. Der Verlauf der Temperaturkurven ist eigentümlich. Bei den Reaktionen der Reizbarkeit und des Gasaustausches ist die Beschleunigung gleich nach der niederen Temperaturgrenze stark, dann sinkt sie im Bezirk des Optimums und steigt weiter wieder zum Maximum. Nach diesem letzten Temperaturbezirk sinkt der Koeffizient ein zweites Mal. Die andere Gruppe der Reaktionen — die rhythmischen Prozesse und die Entwicklung — zeigen noch ein Absinken des Koeffizienten in der submaximalen Zone. Es liegt also an der Grenze der reversiblen Änderungen der Tätigkeit der Prozesse.

IV. Das Optimum läßt sich folgenderweise physiologisch charakterisieren. Es ist der Temperaturbereich, wo alle physiologischen Prozesse mit bequemsten und mäßigen Rhythmen verlaufen. Die Geschwindigkeit der Prozesse ist nicht also maximal, sondern kann bei allen sehr stark (mehr als doppelt) erhöht werden. Diese Rhythmen führen zum mäßigen relativen Effekt der Tätigkeit der Prozesse und zum maximalen Gesamteffekt derselben.

Aus diesem Grunde kann das Maximum der Entwicklungsgeschwindigkeit, wie einer Entwicklungphase, so auch des ganzen Entwicklungszyklus, nicht dem vitalen Optimum des Organismus entsprechen.

V. Die obere Temperaturgrenze für die schwarze Schabe ist durch die Hemmungsprozesse der nervösen Zentren verursacht. Die Hemmung

führt zum Ausfallen der rhythmischen Prozesse — Herz- und Atemtätigkeit. Die Erstickung, Intoxikation, Koagulation der Eiweiße des Protoplasma stellen schon sekundäre Erscheinungen dar, die mit dem Hemmungsprozeß der nervösen Zentren und mit dem Ausfallen rhythmischer Atemtätigkeit verbunden sind.

Literatur.

Reizbarkeit.

Halliburthon, The death temperature of nerve. Quart. Journ. Exper. Physiol. 1915, Vol. 29, No. 2.

Резвяков, Прекращение и восстановде деятельности нерва при высокой температуре. Russ. Journ. Pphysiol. 1922, V, p. 85.

Sanders, Untersuchungen über die Wärmelähmung der Kaltblüternerven. Diss. Bonn 1914.

Thörner, Über den Einfluß der Temperatur auf die Erregbarkeit, Erstickbarkeit und Ermüdbarkeit der Kaltblüternerven. Ztschr. f. allgem. Physiol. 1915.

Wedensky, Erregung, Lähmung und Narkose. Petersburg 1901.

Atmung.

Baback, Untersuchungen über die Atemzentrentätigkeit bei den Insekten. Pflüg. Arch. 1912, Bd. 147.

Batelli und Stern, Die Intensität des respiratorischen Gaswechsels der Insekten. Biochem. Ztschr. 1913, 56.

Bodine, Faktors influencing the rate of respiratory metabolism of developping eggs. Physiol. Zool. 1929, 2.

Benedict, Faktors effecting basal metabolism. Journ. Biol. Chem. V, XX, 1915.

Buddenbrock und Rohr, Einige Beobachtungen über den Einfluß der Temperatur auf den Gasstoffwechsel der Insekten. Pflüg. Arch. 1922, 194.

— — Die Atmung von Dixippus morosus. Ztschr. f. allgem. Physiol. 1922, V, XX.

Bütschli, Ein Beitrag zur Kenntnis des Stoffwechsels, insbesondere der Respiration bei den Insekten. Arch. f. Physiol. 1874.

Farrer, Metabolism of the adult honey bee. Journ. Econ. Ent. 1931.

Haselhoff, Über eine neue Form der Atmungsregulierung bei Insekten und Spinnen. Versl. Afd. Natuurk. Akad. Wetensk 35. Amsterdam 1926.

Heller, Sauerstoffverbrauch der Schmetterlingspuppen in Abhängigkeit von der Temperatur. Ztschr. f. vergl. Physiol. 1930, 11.

Janda und Kočjan, Über den Sauerstoffverbrauch der Puppen von *Tenebrio molitor* L. Zool. Jahrb. 1933, 52, Heft 4.

Krogh, On the rate of development and CO_2 production of *Tenebrio molitor* at different temperatures. Ztschr. f. allgem. Physiol. 1914, 16.

Potonie, Experimentelle kritische Untersuchung über die biologische Bedeutung des Umkehrpunktes in der Atmungsintensität kaltblütiger Tiere bei steigender Temperatur. Biol. Zentralbl. 1924, 44.

Moralus, The effect of the enviromental temperature on the metabolism. Am. Journ. Physiol. 1924, V, 21.

Slovzov, Über den Gaswechsel der Insekten und dessen Beziehung zur Temperatur der Luft. Biochem. Ztschr. 1909, Bd. 19.

Vorworn, The relation of the respiratory exchange of cold-blooded animals to temperature. Journ. of Physiol. 1897, 21.

Herztätigkeit.

Andersen, Die Abhängigkeit der Herzschläge bei Eidechsenembryonen von der Keimlingsgröße und der Temperatur. Ztschr. f. vergl. Physiol. 1929, Bd. 9.

Fischer, Eine bei Raupen und Puppen beobachtete Umkehrung der peristaltischen Herzbewegungen. Ent. Rundschau 1918, XXXV.

Fries, Temperature and frequency of heart beat in the cockroach. Journ. gen. Physiol. 1926, 10.

Koizumi, On the heart contractions of the larvea of Chironomus and its temperature coefficient with special reference to the temperature characteristic. (Japan.) Dobutsugaku Zasshi 1929, 40.

Kozhantschikov, Sketsches on the heart activity of insekts. (Russ.) Bull. Len. Inst. for Contr. Farm. and Forest Pests 1932, No. 2.

Loeb und Evald, Die Frequenz der Herzkontraktionen als eindeutige Funktion der Temperatur. Biochem. Ztschr. 1914, 58.

Polimanti, Physiologische Untersuchungen über pulsierende Gefäße usw. Biol. Zentralbl. 1915, 35.

Potonie, Über den Temperatureinfluß auf die Herztätigkeit des Flußkrebses. Ztschr. f. vergl. Physiol. 1926, 3.

Walling, The influence of gases and temperature on the cardiac and respiratory movements in the grasshopper. Journ. Exper. Zool. 1906, 3.

Ernährung.

Filinger, The effect of temperature on feeding and development of the greenhouse leafles Phyctaenia. Journ. Econ. Ent. 1931.

Parker, The influence of the temperature upon the amount of food consumed and the number of eggs laid by grasshoppers. Trans. 4th Int. Ent. Congr. Ithaca 1929, II.

Titschak, Untersuchungen über den Temperatureinfluß auf die Kleidermotte (*Tineola biseliella* Kum.). Ztschr. f. wiss. Biologie 1925, 124.

Entwicklung.

Andersen, Der Einfluß der Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf Dauer der Eizeit (*Sitonia lineata* L.). Ztschr. f. Morph. Ökol. Tiere 1930, 17.

Bodenheimer, Über die Voraussage der Generationenzahl von Insekten. III. Die Bedeutung des Klimas für die landwirtschaftliche Entomologie. Ztschr. f. angew. Ent. 1926, 12 (Literatur).

— — Über die Grundlagen einer allgemeinen Epidemiologie der Insektenkalamitäten. Ztschr. f. angew. Ent. 1930, 16.

Imms, Temperature and humidity in relation to problems of the insect control. Ann. Appl. Biol. 1932, XIX (Literatur).

Janisch, Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung der Umweltfaktoren auf Insekten. I. Die Massenvermehrung der Baumwolleneule *Prodenia littoralis* in Ägypten. Ztschr. f. Morph. u. Ökol. Tiere 1930. — Id. Loc. cit. 1931. — Id. Trans. ent. Soc. Lond. 1932.

Shelford, An experimental and observational study of the chinch bug in relation to climate and weather. Bull. XIX. Illinois 1932.

Uvarov, Insects and climate. Trans. Ent. Soc. Lond. 1931 (Ausführliche Literatur).

Zwölfer, Studien zur Ökologie und Epidemiologie der Insekten.. I. Die Kieferneule, *Panolis flammea* Schiff. Ztschr. f. angew. Ent. 1931, 17.

— — Studien zur Ökologie, insbesondere zur Bevölkerungslehre der Nonne, *Lymantria monacha* L. Ztschr. f. angew. Ent. 1933.

Allgemeines.

Blackman, Optima and limiting factors. Ann. Bot. 1905, V, 19.
Crozier, On the curves of grouth especially in relation to temperature. Journ. of gen. Physiol. 1925, V, 10.
Hooker, Liebig's law of the minimum in relation to the general biological problems. Science 1917, V.
Janisch, Das Exponentialgesetz als Grundlage der vergleichenden Biologie. Berlin 1927.
Kanitz, Temperatur und Lebensvorgänge. Berlin 1915.
Kozhantschikov, Zur Frage nach dem Temperaturoptimum des Lebens. I. Individuelle Wärmeregulation der Insekten. Zool. Anz. 1933, 103.
Loeb, Über die Temperaturkoeffizienten für die Lebensdauer usw. Todes Arch. f. d. ges. Physiol. 1908, 74.
Martini, Über die Kettenlinie und die Exponentialkurve überhaupt als Bilder für die Abhängigkeit der Entwicklungsdauer von der Wärme. Ztschr. f. angew. Ent. 1928, 11.
— — Über die Wärmesummenregel. Ztschr. f. angew. Ent. 1925, 11.
Püttner, Temperaturkoeffizienten. Ztschr. f. allgem. Physiol. 1929, 16.

Schlupfwespen, die in Rußland in den letzten Jahren aus Schädlingen gezogen sind.

Von

N. F. Meyer, Leningrad.

Die vorliegende Liste wurde auf Grund der Materialien, die mir verschiedene Spezialisten, Institute und Pflanzenschutzstationen in den Jahren 1928—1932 zur Verfügung gestellt haben, zusammengestellt. Die Parasiten wurden vom Verfasser determiniert, der größte Teil der Braconiden wurde von Herrn Dr. N. A. Telenga bearbeitet.

Acanthocinus carinulatus Gebl. — Ichneumonidae: *Xorides collaris* Grav., *Xylonomus irrigator* F., *Ephialtes gnathaulax* Thoms.

Acronycta psi L. — Braconidae: *Microplitis fumipennis* Rtzb.

Acronycta rumicis L. — Braconidae: *Microplitis fumipennis* Rtzb.

Acronycta tridens Schiff. — Ichneumonidae: *Paniscus testaceus* Grav.

Braconidae: *Rhogas dissector* Nees, *Amicroplus (Macrocentrus) collaris* Spin.

Amaurasoma sp. — Braconidae: *Dacnusa semirugosa* Hal.

Anobium domesticum Geoffr. — Braconidae: *Spathius exarator* L.

Anthonomus pomorum L. — Ichneumonidae: *Epiurus pomorum* Rtzb., *Epiurus inquisitor* Scop., *Epiurus calobatus* Grav.

Aphis gossypii Glov. — Aphidiidae: *Trioxys auctus* Hal.

Aphis padi L. — Aphidiidae: *Aphidius avenae* Hal., *Aphidius granarius* Marsh., *Ephedrus plagiator* Nees.

Proctotrupidae: *Lygocerus testaceimanus* Kieff.

Cynipidae: *Charips flavicornis* Htg.

Aporia crataegi L. — Ichneumonidae: *Campoplex pugillator* L., *Apechtis brassicariae* Poda, *Pimpla instigator* F., *Pimpla examinator* F., *Anilastus ebeninus* Grav.

Braconidae: *Apanteles sericeus* Wesm., *Apanteles difficilis* Nees, *Apanteles glomeratus* L.

Blastophagus minor Htg. — Braconidae: *Coeloides abdominalis* Zett., *Dendrosoter middendorfii* Rtzb., *Ecphylus hylesini* Rtzb.

Blastophagus piniperda L. — Braconidae: *Coeloides abdominalis* Zett., *Dendrosoter middendorfii* Rtzb., *Spathius brevicaudis* Rtzb.

Barathra brassicae L. — Ichneumonidae: *Exetastes cinctipes* Retz.

Braconidae: *Microplitis spectabilis* Hal..

Bradyrrhoa gilveolella Tr. — Ichneumonidae: *Syceuctus tenuifasciatus* Schmiedekn.

Brevicoryne brassicae L. — Aphidiidae: *Aphidius scabiosae* Marsh.

Cacoecia rosana L. — Ichneumonidae: *Itoplectis maculator* F., *Stictopisthus complanatus* Holmgr.

Braconidae: *Apanteles xanthostigma* Reinh., *Meteorus rubriceps* Rtzb., *Oncophanes lanceolator* Nees.

Callidium violaceum L. — Ichneumonidae: *Pyracmon melanurus* Holmgr., *Lissonota nigra* Brischke.

Caradrina exigua Hb. — Ichneumonidae: *Limnerium xanthostoma* Grav.

Braconidae: *Aleiodes (Rhogas) circumscriptus* Nees.

Cephus pygmaeus L. — Ichneumonidae: *Collyria puncticeps* Thoms.

Braconidae: *Bracon praetermissus* Marsh, *Bracon abscissor* Nees.

Cerostoma persicellum L. — Ichneumonidae: *Itoplectis maculator* F., *Angitia exareolata* Rtzb.

Chaetocnema aridula Gyll. — Ichneumonidae: *Mesochorus curvulus* Thoms.

Chaetocnema hortensis Geoffr. — Braconidae: *Perilitus cerealium* Hal.

Chareas graminis L. — Ichneumonidae: *Ichneumon ligatorius* Thunb.

Cheimatobia brumata L. — Braconidae: *Apanteles sericeus* Wesm.

Chlorops taeniopus Meig. — Braconidae: *Coelinius niger* Nees.

Chortophila brassicae L. — Cynipidae: *Cothonaspis rapae* Westw., *Eucoela (Psichacra) spinosa* Htg.

Proctotrupidae: *Trichopria spinosa* Kieff.

Coleophora hemerobiella Fill. — Braconidae: *Chelonus microphthalmus* Wesm.

Dendroctonus micans Kug. — Ichneumonidae: *Epiurus terebrans* Rtzb.

Dendrolimus pini L. — Braconidae: *Apanteles fulvipes* Hal.

Dendrolimus segregatus Butl. — Ichneumonidae: *Iseropus stercorator* F.

Eccoptogaster aceris Kn. — Braconidae: *Dendrosoter protuberans* Nees.

Eccoptogaster carpini Rtzb. — Braconidae: *Dendrosoter protuberans* Nees.

Eccoptogaster -multistriatus Marsh. — Braconidae: *Dendrosoter protuberans* Nees.

Eccoptogaster pygmaeus F. — Braconidae: *Ecphylus hylesini* Rtzb.

Eccoptogaster scolytus F. — Ichneumonidae: *Odontomerus appendiculatus* Grav.
Braconidae: *Coeloides scolyticida* Wesm.

Eccoptogaster ratzeburgi Jans. — Braconidae: *Coeloides scolyticida* Wesm.

Etiella zinckenella Tr. — Ichneumonidae: *Pimpla ventricosa* Tschek., *Pristomerus vulnerator* Grav.

Eubolia arenacearia Hb. — Braconidae: *Rhogas testaceus* Spin.

Eubolia murinana Hb. — Braconidae: *Phylactor chlorophthalma* Wesm.

Eurydema festivum L. — Proctotrupidae: *Aphanurus eurydemae* Vas.

Euxoa distincta L. — Ichneumonidae: *Enicospilus repentinus* var. *tournieri* Voll.
Braconidae: *Amicroplus (Macrocentrus) callaris* Spin.

Euxoa c-nigrum L. — Braconidae: *Meteorus rubens* Nees.

Euxoa segetum Schiff. — Ichneumonidae: *Amblyteles vadatorius* Ill., *Amblyteles equitatorius* Panz., *Amblyteles negatorius* F., *Exetastes inquisitor* Grav., *Exetastes illusor* Grav., *Ophion luteus* L., *Anomalon cerinops* Grav., *Banchus falcatorius* F.
Braconidae: *Amicroplus (Macrocentrus) collaris* Spin., *Meteorus rubens* Nees, *Rhogas dimidiatus* Spin., *Microplitis spectabilis* Hal.

Evetria buoliana Schiff. — Ichneumonidae: *Epiurus roborator* F.

Exapate congelatella Cl. — Ichneumonidae: *Pimpla examinator* F.
Braconidae: *Meteorus pleuralis* Ruthe.

Heliothis armigera Hb. — Ichneumonidae: *Barylypa humeralis* Brauns., *Amblyteles crispatorius* Grav.
Braconidae: *Microplitis rufiventris* Kok., *Aleiodes (Rhogas) circumscriptus* Nees, *Apanteles sericeus* Wesm., *Habrobracon simonovi* Kok.

Heliothis dipsacea L. — Ichneumonidae: *Campoplex insignitus* Först., *Paniscus opaculus* Thoms., *Exetastes robustus* Grav., *Limnerium xanthostoma* Grav., *Limnerium rufifemur* Thoms., *Barylypa insidiator* Först., *Ichnus truncator* F.
Braconidae: *Amicroplus (Macrocentrus) collaris* Spin., *Microplitis spinolae* Nees.

Heliothis obsoleta F. — Ichneumonidae: *Anilastus ruficinctus* Grav., *Anilastus notatus* Grav., *Limnerium xanthostoma* Grav., *Barylypa insidiator* Först.

Heliothis peltigera Schiff. — Ichneumonidae: *Limnerium rufifemur* Thoms.

Braconidae: *Apanteles sericeus* Wesm.

Heliothis scutosa Schiff. — Ichneumonidae: *Exetastes gracilicornis* Grav.

Braconidae: *Microplitis mediana* Rtzb.

Hibernia defoliaria Cl. — Braconidae: *Apanteles sericeus* Wesm., *Apanteles juniperatae* Bché.

Homoesoma nebulella Hb. — Ichneumonidae: *Epiurus roborator* F., *Cremastus ornatus* Szepl., *Nemeritis canescens* Grav.

Braconidae: *Apanteles lacteus* Nees.

Hoplocampa fulvicornis F. — Ichneumonidae: *Angitia lateralis* Grav.

Hyponomeuta cognatellus Hb. — Ichneumonidae: *Angitia armillata* Grav.

Hyponomeuta evonymellus L. — Ichneumonidae: *Angitia armillata* Grav., *Mesochorus pallidus* Brischke.

Hyponomeuta malinellus Zell. — Ichneumonidae: *Angitia chrysosticta* Gmel., *Angitia armillata* Grav., *Pristomerus vulnerator* Grav., *Itoplectis alternans* Grav., *Itoplectis maculator* F., *Pimpla examinator* F., *Agrypon stenostigma* Thoms., *Chorinaeus tricarinatus* L., *Lycorina triangulifera* Holmgr.

Braconidae: *Microdus rufipes* Nees.

Proctotrupidae: *Tropidopria castanea* Kieff.

Hyponomeuta padellus L. — Ichneumonidae: *Pimpla examinator* F., *Angitia armillata* Grav.

Hyponomeuta variabilis Zell. — Ichneumonidae: *Herpestomus brunnicornis* Grav., *Itoplectis alternans* Grav., *Chorinaeus tricarinatus* L.

Gonepteryx rhamni L. — Ichneumonidae: *Megaplectes monticola* Grav., *Apechtis capulifera* Kriechb.

Ips acuminatus Gyll. — Braconidae: *Spathius brevicaudis* Rtzb.

Ips sexdentatus Boern. — Braconidae: *Coeloides bostrychorum* Gir., *Coeloides abdominalis* Zett.

Ips suturalis Gyll. — Braconidae: *Bracon obscurator* Nees.

Lasioptera cerealis Lind. — Proctotrupidae: *Platygaster cottei* Kieff.

Laspeyresia funebrana Tr. — Braconidae: *Ascogaster quadridentatus* Wesm.

Laspeyresia pomonella L. — Ichneumonidae: *Pimpla examinator* F., *Pimpla turionellae* L., *Ephialtes extensor* Taschb., *Pristomerus vulnerator* Grav., *Epiurus sagax* Htg.

Leperisinus fraxini Panz. — Braconidae: *Coeloides filiformis* Rtzb., *Coeloides melanotus* Wesm., *Dendrosoter protuberans* Nees.

Leucania unipuncta Haw. — Ichneumonidae: *Exochilum circumflexum* L.

Lophyrus rufus Klug. — Ichneumonidae: *Exenterus cingulatorius* Holmgr.

Loxostege sticticalis L. — Ichneumonidae: *Cryptus vidvatorius* F., *Cryptus dianae* Grav., *Phygadeuon grandiceps* Thoms., *Phygadeuon sacharovi* Meyer, *Phygadeuon loxosteginis* Meyer, *Phytodietus segmentator* Grav., *Epiurus roboratur* F., *Itoplectis alternans* Grav., *Labrorychus debilis* Wesm., *Labrorychus flexorius* Thunb., *Limnerium crassifemur* Thoms., *Limnerium geniculata* Grav., *Limnerium nigritella* Thoms., *Limnerium rufifemur* Thoms., *Limnerium xanthostoma* Grav., *Omorgus exoletus* Grav., *Omorgus tricoloripes* Schmiedek., *Omorgus mutabilis* Holmgr., *Omorgus fusciplica* Thoms., *Omorgus solitarius* Brischke, *Angitia chrysosticta* Gmel., *Angitia fenestralis* Holmgr., *Anilastus notatus* Grav., *Mesochorus pallidus* Brischke, *Mesochorus tuberculiger* Thoms., *Cremastus decoratus* Grav., *Cremastus ornatus* Szepl., *Cremastus discoidalis* Szepl., *Limnerium planiscapus* Thoms.

Braconidae: *Apanteles difficilis* Nees, *Apanteles affinis* Nees, *Apanteles ruficrus* Hal., *Apanteles octonarius* Rtzb., *Apanteles sericeus* Nees, *Microgaster intermedius* Iv., *Microgaster subcompletus* Nees, *Cardiochiles saltator* F., *Microplitis variipes* Ruthe, *Phylactor chlorophtalma* Wesm., *Meteorus chrysophthalmus* Nees, *Phylactor cacarator* Wesm., *Chelonus scaber* Nees, *Chelonus annulipes* Wesm., *Orgilus obscurator* Nees.

Lycaena icarus Rott. — Braconidae: *Rhogas bicolor* Spin.

Malacosoma neustria L. — Ichneumonidae: *Pimpla instigator* F., *Itoplectis pudibundae* Rtzb., *Gambrus ornatus* Grav.

Braconidae: *Apanteles spurius* Wesm., *Meteorus versicolor* Wesm.

Mayetiola destructor Say. — Cynipidae: *Rhoptrocerus eucera* Htg.

Monochamus galloprovincialis Ol. — Ichneumonidae: *Mesostenus gladiator* Scop., *Ephialtes tuberculatus* Fourcr., *Perithous divinator* Rossi, *Odontomerus quercinus* Thoms.

Monochamus rosenmülleri Celd. — Ichneumonidae: *Rhyssa persuasoria* L., *Ephialtes cephalotes* Holmgr.

Mormidea baccarum L. — Proctotrupidae: *Prophanurus sokolovi* Mayr.

Neotomicus proximus Eich. — Braconidae: *Coeloides bostrychorum* Gir.

Numoria pyrivora Ger. — Ichneumonidae: *Iseropus bernuthi* Htg.

Oberea linearis L. — Ichneumonidae: *Epiurus triangularis* Verhoef.

Olethreutes variegana Tr. — Ichneumonidae: *Lissonota mutanda, Pristomerus vulnerator* Grav.

Orgyia antiqua L. — Ichneumonidae: *Pimpla examinator* F.

Oscinella frit L. — Braconidae: *Chasmodon apterus* Nees, *Dacnusa tristis* Nees.
Cynipidae: *Rhoptromeris widhalmi* Kurd.
Proctotrupidae: *Tropidopria compressa* Thoms., *Loxotropa tritoma* Thoms., *Diapria variipes* Kieff.

Oscinella griseipleura Stack. — Proctotrupidae: *Tropidopria compressa* Thoms.

Phalera bucephala L. — Ichneumonidae: *Barylypa longicornis* Brauns.

Phloetribus caucasicus Reitt. — Braconidae: *Ecphylus hylesini* Rtzb.

Phylotreta vittula Redt. — Braconidae: *Perilitus bicolor* Wesm., *Perilitus cerealium* Hal.

Phytometra gamma L. — Ichneumonidae: *Itoplectis pudibundae* Rtzb., *Stenichneumon culpator* Schrnk.
Braconidae: *Phylactor calcarator* Wesm., *Rhogas aestuosus* Reinh., *Microplitis spinalae* Nees.

Phytonomus variabilis Hbst. — Ichneumonidae: *Canidia curculionis* Thoms.
Braconidae: *Perilitus secalis* Hal., *Perilitus aethiops* Nees.

Pieris brassicae L. — Ichneumonidae: *Theronia atalantae* Poda, *Anilastus ebeninus* Grav., *Anilastus vulgaris* Tschek., *Mesochorus curvulus* Thoms., *Mesochorus tuberculiger* Thoms.
Braconidae: *Apanteles glomeratus* L.

Pieris diplidice L. — Ichneumonidae: *Itoplectis alternans* Grav., *Anilastus ebeninus* Grav.

Pieris rapae L. — Ichneumonidae: *Anilastus ebeninus* Grav., *Theronia atalantae* Poda.
Braconidae: *Apanteles rubecula* Marsh., *Apanteles glomeratus* L.

Pissodes harcyniae Hbst. — Ichneumonidae: *Epiurus roborator* F., *Epiurus terebrans* Rtzb.

Pithyogenes bidens Fabr. — Braconidae: *Caenopachys hartigii* Rtzb., *Spathius brevicaudis* Rtzb.

Pithyogenes quadridens Htg. — Braconidae: *Ecphylus hylesini* Rtzb.

Pithyogenes treponatus Nördl. — Braconidae: *Caenopachys hartigii* Rtzb.

Plusia moneta Fabr. — Ichneumonidae: *Apechtis brassicariae* Poda.

Plutella maculipennis Curt. — Ichneumonidae: *Diadromus subtilicornis* Grav., *Itoplectis alternans* Grav., *Angitia fenestralis* Holmgr., *Angitia tibialis* Grav., *Mesochorus velox* Holmgr.
Braconidae: *Apanteles rubecula* Marsh., *Apanteles ruficrus* Hal.

Poeciloscytus cognatus Fieb. — Proctotrupidae: *Eurythmelus goochi* Enock.

Polia oleracea L. — Ichneumonidae: *Banchus monileatus* Grav., *Banchus obscurus* Meyer, *Enicospilus ramidulus* Grav., *Anomalon cerinops* Grav., *Anilastus coxalis* Brischke, *Sagaritis erythropus* Thoms., *Exetastes cinctipez* Retz.
Braconidae: *Microgaster marginatus* Nees, *Apanteles affinis* Nees.

Polychrosis botrana Schiff. — Ichneumonidae: *Omorgus difformis* Thoms., *Anilastus ebeninus* Grav., *Cremastus ornatus* Szepl., *Pristomerus vulnerator* Grav., *Trichomma enecator* Rossi, *Phytodietus segmentator* Grav., *Itoplectis alternans* Grav., *Thyraeella collaris* Grav.
Braconidae: *Microdus tumidulus* Nees, *Ascogaster quadridentatus* Wesm., *Perilampus laevifrons* Dahl.

Porthethria dispar L. — Ichneumonidae: *Pimpla instigator* F., *Theronia atalantae* Poda.
Braconidae: *Apanteles fulvipes* Hal., *Apanteles vitripennis* Hal.

Porthethria monacha L. — Ichneumonidae: *Protichneumon disparis* Poda.

Prays oleellus Fabr. — Ichneumonidae: *Itoplectis alternans* Grav.

Psylliodes attenuata Koch. — Braconidae: *Perilitus cerealium* Hal.

Pteleobius kraatri Eichh. — Braconidae: *Ecphylus hylesini* Rtzb.

Pteleobius vittatus Fabr. — Braconidae: *Ecphylus hylesini* Rtzb.

Pyraustanubilalis Hb. — Ichneumonidae: *Phytodietus segmentator* Grav., *Epiurus roborator* F., *Limnerium rufifemur* Thoms., *Limnerium geniculata* Grav., *Angitia punctoria* Rom., *Hygrocryptus carnifex* Grav.
Braconidae: *Microbatus globatus* Nees.

Pyrrhidium sanguineum L. — Ichneumonidae: *Xylonomus praecatorius* Fabr.
Braconidae: *Doryctes gallicus* Reinh.

Rhodites mayri Schlecht. — Ichneumonidae: *Orthopelma luteolator* Grav.

Rhynchites bacchus L. — Ichneumonidae: *Epiurus calobatus* Grav.
Braconidae: *Bracon rhynchiti* Greese, *Calyptus testaceipes* Greese.

Salebria marmorata Alph. — Ichneumonidae: *Agrypon stenostigma* Thoms., *Angitia interrupta* Holmgr.

Saperda carcharias L. — Ichneumonidae: *Xylophrurus lancifer* Grav.

Simaethis nemorana Hb. — Ichneumonidae: *Epiurus calobatus* Grav., *Epiurus erythronota* Kriechb., *Angitia chrysosticta* Gmel., *Triclistus curvator* Grav.

Simaethis pariana Cl. — Ichneumonidae: *Angitia trochanterata* Thoms., *Glypta flavolineata* Grav., *Triclistus laevigatus* Rtzb., *Angitia armillata* Grav.

Sitona crinita Hbst. — Braconidae: *Pygostolus falcatus* Nees, *Perilitus latibisis* Ruthe, *Liophron lituratus* Hal.

Sitona inops Gyll. — Baconidae: *Pygostolus falcatus* Nees, *Liophron lituratus* Hal.

Sitona humeralis Steph. — Braconidae: *Perilitus latibilis* Ruthe, *Pygostolus falcatus* Nees.

Sitona lineata L. — Braconidae: *Pygostolus falcatus* Nees, *Perilitus latibilis* Ruthe, *Liophron lituratus* Hal.

Spondylus buprestoides L. — Ichneumonidae: *Odontomerus pinetorum* Thoms.

Tetropium luridum L. — Ichneumonidae: *Pyracmon austriacus* Tschek., *Xylonomus ater* Grav.

Tortrix viridana L. — Ichneumonidae: *Phoscus cephalotes* Wesm.

Toxoptera graminum L. — Aphidiidae: — *Aphidius leucopterus* Hal.

Vespa orientalis L. — Ichneumonidae: *Sphecophaga vesparum* Curt.

Zeuzera pyrina L. — Ichneumonidae: *Coelichneumon abeillei* Berth.

Über einige quantitative Beziehungen in der Insekten-Epidemiologie.

Von

G. F. Gause.

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Moskau.)

(Mit 2 Abbildungen.)

I.

In den letzten Jahren hat eine intensive Bearbeitung der tierischen Bevölkerungslehre stattgefunden, welche die theoretische Grundlage für die Entscheidung einer ganzen Reihe Fragen der angewandten Zoologie und Entomologie bildet. Besonderes Interesse bietet hier die Untersuchung der Prozesse der Vernichtung der einen Art durch die andere (Parasitismus, Raubsystem), welche von Lotka (1920) und Volterra (1926) einer theoretischen mathematischen Analyse unterzogen wurde und dank der Wiedergabe dieser Arbeiten in Friederichs' Buch weite Verbreitung gefunden hat. Die Ergebnisse dieser mathematischen Untersuchungen können jedoch von den Biologen nicht ohne sorgfältigste experimentelle Prüfung angenommen werden, und die Resultate dieser letzteren (Gause, 1933) zeigen, daß die Voraussagen der mathematischen Theorie sich nicht immer in der Praxis bewahrheiten. Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit besteht in der Untersuchung einiger quantitativer Abhängigkeiten zwischen den Populationen des Parasiten und des Opfers an einem Beispiel aus dem Gebiet der angewandten Entomologie.

II.

Die Gleichung von Lotka-Volterra kann in folgender Form dargestellt werden:

$$\left\{\begin{array}{l}\text{Veränderung der}\\ \text{Zahl der Wirte}\\ \text{pro Zeiteinheit}\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{l}\text{Natürlicher Zuwachs}\\ \text{der Zahl der Wirte}\end{array}\right\} - \left\{\begin{array}{l}\text{Vernichtung der Wirte}\\ \text{durch die Parasiten}\\ \text{pro Zeiteinheit}\end{array}\right\}$$

$$\left\{\begin{array}{l}\text{Veränderung der}\\ \text{Zahl der Para-}\\ \text{siten pro Zeit-}\\ \text{einheit}\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{l}\text{Zunahme der Anzahl}\\ \text{der Parasiten infolge}\\ \text{der Vernichtung der}\\ \text{Wirte pro Zeitein-}\\ \text{heit}\end{array}\right\} - \left\{\begin{array}{l}\text{Sterblichkeit der Para-}\\ \text{siten pro Zeitein-}\\ \text{heit}\end{array}\right\}$$

Indem wir das in die Sprache der Mathematik übersetzen, können wir schreiben:

$$\left.\begin{aligned}\frac{dN_1}{dt} &= b_1N_1 - k_1N_1N_2\\ \frac{dN_2}{dt} &= k_2N_1N_2 - dN_2\end{aligned}\right\}$$

In dieser Gleichung bietet uns das mittlere Glied der zweiten Reihe, welches die Zunahme der Anzahl der Parasiten pro Zeiteinheit ausdrückt, das größte Interesse. Es ist leicht zu sehen, daß in der Gleichung von Lotka-Volterra diese Zunahme der Einfachheit halber als dem Produkt aus der Konzentration der Wirte (N_1) und der Konzentration der Parasiten (N_2) proportional angenommen ist.

Wir wollen jetzt die Abhängigkeit zwischen der Zunahme der Anzahl der Parasiten und der Konzentration der Wirte eingehender betrachten. In ganz allgemeiner Form kann die Geschwindigkeit des Zuwachses der Individuenzahl der Parasiten als ein gewisser geometrischer Zuwachs b_2N_2 ausgedrückt werden, der sich in Abhängigkeit von der unausgenützten Wachstumsmöglichkeit verwirklicht (3). Diese unausgenützte Möglichkeit ist eine Funktion der Anzahl der Wirte im gegebenen Moment: $f(N_1)$. Folglich:

$$\frac{dN_2}{dt} = b_2N_2\,f(N_1).$$

Es wäre am einfachsten vorauszusetzen, daß der geometrische Zuwachs der Parasitenzahl direkt proportional der Konzentration der Wirte (λN_1) ist, d. h. um wievielmal größer die Dichte der Wirte ist, um sovielmal größer ist auch der Grad der Verwirklichung des potentiellen Zuwachses der Parasiten. Wenn unser System sehr einfach wäre, so könnten wir gleich Lotka und Volterra sagen, daß die Zahl der Begegnungen der zweiten Art mit der ersten proportional dem Produkt aus der Individuenzahl der zweiten Art und der Individuenzahl der ersten ist (αN_1N_2, der Koeffizient der Proportionalität ist), und somit der Zuwachs der Parasitenzahl direkt proportional der Zahl der Wirte sein muß. Tatsächlich, wenn die Zahl der Wirte N_1 sich verdoppelt hat und $2\,N_1$ geworden ist, wo α so hat auch die Zahl ihrer Begegnungen mit den Parasiten um das Doppelte zugenommen und ist gleich $\alpha N_2\,2N_1$ statt αN_2N_1 geworden. Folglich wäre auch der Zuwachs der Parasiten, wenn er direkt proportional der Zahl der Begegnungen wäre, statt der früheren $b_2N_2\lambda N_1$ gleich $\frac{dN_2}{dt} = b_2N_2\lambda\,2N_1$ geworden, und der auf einen Parasiten entfallende relative Zuwachs wäre daher $\frac{1}{N_2}\frac{dN_2}{dt} = b_2\lambda\,2N_1$. Mit anderen Worten, der relative Zuwachs $\frac{1}{N_2}\frac{dN_2}{dt}$ wäre eine geradlinige Funktion der Anzahl der Wirte N_1, d. h. nach Maßgabe der Vergrößerung der Konzentration

der Wirte würde die entsprechende Vergrößerung des relativen Zuwachses der Parasiten sich auf der Geraden a b auf Abb. 1 anordnen. Das Experiment zeigt jedoch folgendes: wenn wir den Einfluß des Anwachsens der Zahl der Wirte in der Raumeinheit auf den Zuwachs von einem Parasiten pro Zeiteinheit untersuchen, so sehen wir, daß dieser Zuwachs sich anfangs schnell vergrößert, danach jedoch langsam zunimmt und sich einer gewissen konstanten Größe nähert. Die weitere Vergrößerung der Dichte der Wirte ruft keine Vergrößerung des Zuwachses von einem Parasiten hervor. In den uns interessierenden Grenzen können wir die Abhängigkeit des Zuwachses pro Parasit von der Zahl der Wirte in der Raumeinheit mit Hilfe einer Kurve ausdrücken, die zuerst schnell anwächst und sich alsdann einer gewissen Asymptote nähert. Eine solche Kurve ist auf Abb. 1 dargestellt; auf der Abszissenachse ist die Dichte der Wirte (N_1) aufgetragen und auf der Ordinatenachse der relative Zuwachs der Parasitenzahl $\left(\frac{1}{N_2}\frac{dN_2}{dt}\right)$, d. h. die Geschwindigkeit des Wachstums, die auf einen Parasiten bei verschiedener Dichte der Wirte entfällt. Die Gleichung der den relativen Zuwachs der Parasiten mit der Dichte der Wirte verbindenden Kurve wählen wir empirisch, indem wir annehmen, daß die Kurve der Abb. 1 am einfachsten durch die Gleichung $y = a\,(1 - e^{-kx})$ ausgedrückt werden kann, was in unserem Falle die Form

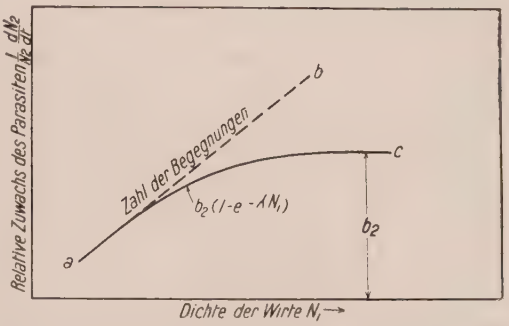


Abb. 1. Einfluß des Anwachsens der Zahl der Wirte in der Raumeinheit (N_1) auf den Zuwachs von einem Parasiten pro Zeiteinheit $\left(\frac{1}{N_2}\frac{dN_2}{dt}\right)$.

$$\frac{1}{N_2}\frac{dN_2}{dt} = b_2\,(1 - e^{-\lambda N_1})$$

annimmt.

Die Eigenschaften dieser Kurve sind derartig, daß der auf einen Parasiten entfallende Zuwachs sich nach Maßgabe des Anwachsens der Zahl der Wirte in der Raumeinheit zwar vergrößert, jedoch immer langsamer und langsamer, indem er sich dem größtmöglichen oder potentiellen Zuwachs b_2 nähert. Diese Kurve findet in der gegenwärtigen quantitativen Biologie weitgehende Anwendung; auch läßt sie sich leicht aus der Voraussetzung ableiten, daß die Geschwindigkeit der Aufspeicherung einer gewissen Eigenschaft $\left(\frac{dy}{dx}\right)$ eine Funktion der noch nicht ausgenützten Möglichkeit für diese Speicherung $[k(a-y)]$ ist.

III.

Bestätigen sich aber alle diese Erwägungen an dem Material, mit dem man es in der angewandten Entomologie zu tun hat? Zu diesem Zweck wurde von uns eine Bearbeitung der kürzlich von Smirnov und Wladimirow (10) unter Laboratoriumsbedingungen erhaltenen experimentellen Daten ausgeführt. Sie untersuchten die Abhängigkeit zwischen der Dichte der Wirte N_1 (Puppe der Fliege *Phormia groenlandica)* und dem relativen Zuwachs des Parasiten $\frac{1}{N_2}\frac{dN_2}{dt}$ (Nachkommen eines Paares [♂ + ♀] der parasitischen Wespe *Mormoniella vitripennis* pro Generation). Bei der Bearbeitung seines Materials erhielten wir die auf Abb. 2 gegebenen Beziehungen, wobei das allgemeine Bild an dasjenige auf Abb. 1 erinnert. Nach Maßgabe der Vergrößerung der Dichte der Wirte nimmt der relative Zuwachs der Parasiten zu, bis er den unter den gegebenen Bedingungen größten möglichen oder den „potentiellen Zuwachs" b_2 von einem Paar erreicht. Daß die den Zusammenhang zwischen $\frac{1}{N_2}\frac{dN_2}{dt}$ und N_1 zeigende Kurve tatsächlich durch die Gleichung

$$\frac{1}{N_2}\frac{dN_2}{dt} = b_2(1 - e^{-\lambda N_1})$$

ausgedrückt werden kann, davon kann man sich auf folgende Weise überzeugen: indem wir gegenüber N_1 die Größen $\lg\left(b_2 - \frac{1}{N_2}\frac{dN_2}{dt}\right)$ abtragen, müssen wir eine gerade Linie erhalten, was, wie Abb. 2 zeigt, auch tatsächlich erfüllt wird. Die Neigung dieser Geraden wird durch den Koeffizienten λ bestimmt, welcher somit die Geschwindigkeit charakterisiert, mit welcher sich der relative Zuwachs der Parasiten nach Maßgabe der Zunahme der Dichte der Wirte seinem maximalen Werte nähert.

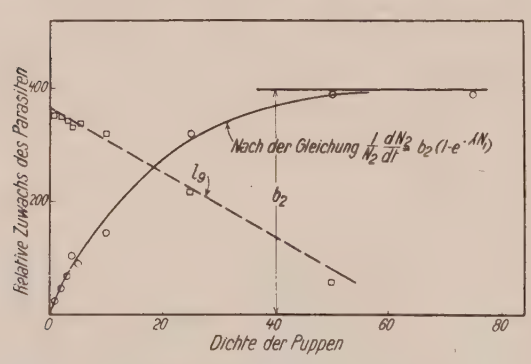


Abb. 2. Die Abhängigkeit zwischen der Dichte der Wirte (Puppe der Fliege *Phormia groenlandica*) und dem relativen Zuwachs des Parasiten (Nachkommen eines Paares der parasitischen Wespe *Mormoniella vitripennis* pro Generation).

Zum Schluß können wir bemerken, daß die Beobachtungen der entomologischen Objekte auf das Bestehen einer etwas komplizierteren als die Mathematiker voraussetzten, jedoch im ganzen höchst charakteristischen Abhängigkeit zwischen dem Anwachsen der Parasitenzahl und der Dichte der Wirte schließen lassen. Diese Daten stimmen mit den von mir an anderen Objekten 6) erhaltenen Daten über-

ein, und geben Veranlassung zur Einführung gewisser Komplikationen in die Gleichung des Kampfes ums Dasein.

Es ist uns eine angenehme Pflicht, Herrn Dr. Eugen Smirnov für die zur Bearbeitung gestellten Daten unseren Dank zum Ausdruck zu bringen.

Literatur.

1. Friederichs, K., Die Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie, insbesondere der Entomologie. Berlin, Paul Parey, 1930.
2. Gause, G. F., Ecology of Populations. Quarterly Review of Biology 7, S. 27, 1932.
3. — — Experimental Studies on the Struggle for Existence I. Journ. Exp. Biol. (London) 9, S. 389, 1932.
4. — — Experimental Analysis of Vito Volterra's Mathematical Theory of the Struggle for Existence. Science 79, S. 16, 1934.
5. — — The Struggle for Existence. (Im Druck.)
6. — — Untersuchungen über den Kampf ums Dasein bei Protisten. (Im Druck.)
7. Lotka, A. J., Analytical note on certain rhythmic relations in organic systems. Proceedings of the National Academy of Sciences 6, S. 410, 1920.
8. — — Contribution to quantitative parasitology. Journal of the Washington Academy of Sciences 13, S. 152, 1923.
9. — — Elements of physical biology. Baltimore, Williams and Wilkins, 1925.
10. Smirnov, E. und M. Wladimirow, Studien über die Vermehrungsfähigkeit der Pteromalide *Mormoniella vitripennis* Wlk. (Im Druck.)
11. Volterra, V., Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi. Mem. R. Accad. Naz. dei Lincei Ser. VI, vol. 2.
12. — — Leçons sur la théorie mathématique de la lutte pour la vie. Paris 1931.

Ein einfacher, selbstherstellbarer Thermohygrostat mit innerer Luftzirkulation.

Von

E. Meyer.

(Aus der Biologischen Reichsanstalt, Zweigstelle Kiel.)

(Mit 8 Abbildungen.)

In den letzten Jahren sind wiederholt Berichte veröffentlicht worden über Neukonstruktionen von Thermostaten und Thermohygrostaten. Die beschriebenen, meist in eigener Werkstatt herstellbaren Apparate sind entstanden aus dem Bedürfnis, einerseits auch mit beschränkten Mitteln eine einigermaßen vollständige Apparatur zu schaffen, andererseits, um die experimentellen Möglichkeiten zu erweitern. Diese beiden Erwägungen liegen auch einer im hiesigen Institut ausgearbeiteten Konstruktion zugrunde. Die Veröffentlichung erfolgt in der Annahme, daß die entstandene Apparatur, die an sich speziell den hiesigen Bedürfnissen angepaßt ist, auch an anderen Orten mit Erfolg verwandt werden könnte. Der Bau wurde ermöglicht durch einen von der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft zur Verfügung gestellten Sachkredit. Für ihre großzügige Hilfe sei auch an dieser Stelle bestens gedankt.

Das Ziel war die Beschaffung einer Thermostatenapparatur, in der gleichzeitig die Feuchtigkeit in mit lebenden Pflanzenteilen beschickten Zuchtgefäßen konstant gehalten werden konnte.

Die bisherigen Untersuchungen, die den Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit auf den Lebenslauf der Insekten betrafen, wurden meist durchgeführt bei unabhängiger Regulation der beiden untersuchten Faktoren. Zur Temperaturregelung dienten Thermostaten beliebiger Konstruktion, während die Feuchtigkeit in Exsikkatoren, Wägegläschen, Petrischalen oder ähnlichen Gefäßen durch gesättigte Salzlösungen oder durch Lösungen verschiedener Konzentration von Schwefelsäure oder Kaliumhydroxyd in Wasser geregelt wurde (Zwölfer 10, Buxton 23, Wilson 9. Siehe auch methodische Notizen in der Massenwechselliteratur). Kleinere Thermostatenräume

konnten durch die gleichen Hilfsmittel auch als Ganzes zur Feuchtigkeitskonstanz gebracht werden (Friederichs und Steiner 6). Derartige Apparaturen eignen sich zur Bearbeitung aller Ruhestadien von Insekten, oder zur Untersuchung von Tieren, die sich von trockenen oder zum mindesten wenig Wasser abgebenden Stoffen ernähren (Buxton 2, 3, Zwölfer 10). Erheblich kompliziertere Anordnungen sind notwendig, wenn es sich darum handelt, eine Feuchtigkeitsregulation in größeren Versuchsräumen oder in Gefäßen durchzuführen, die mit stark transpirierenden Pflanzenteilen beschickt sind. In ruhender Luft dürfte sich dann ein befriedigendes Ergebnis nur in wenigen Sonderfällen erzielen lassen (Zwölfer 10). Aus dieser Erwägung sind bereits Apparaturen entstanden, die mit bewegter Luft arbeiten. Neben mehreren für größere Versuchsanlagen bestimmten Konstruktionen (Shelford 8, Chapman 4) sind hier besonders die von G. U. Escherich (5) und die mir erst unlängst bekannt gewordene von Brindley und Richardson (1) zu erwähnen.

Escherich erreicht die Regulierung der Feuchtigkeit durch Mischung zweier Luftströme von extrem verschiedener Feuchtigkeit, die vorher auf die gewünschte Temperatur gebracht sind. Die Luft wird in der Apparatur ständig erneuert. Im Gegensatz dazu arbeitet die Brindley-Richardsonsche Konstruktion, die der hiesigen im Prinzip in einigen wesentlichen Punkten ähnlich ist, mit innerer Luftzirkulation. Sie hat den Vorteil geringeren Verbrauchs an Heizstrom, da die einmal erwärmte Luft immer in der Apparatur verbleibt, und Wärmeverluste nur durch unvermeidliche Mängel der Isolation entstehen, dagegen den Nachteil, daß der Zuchtraum nur als Ganzes verwendbar ist, da eine Einschaltung kleinerer Zuchtgefäße in die Zirkulation nicht vorgesehen ist.

Der hiesige Neubau erfolgte nach Möglichkeit in Anlehnung an die Friederichs-Steinersche Thermostatenkonstruktion, die sich hier schon früher als recht brauchbar erwiesen hatte. Der erweiterte Verwendungszweck machte aber eine Umlagerung des größten Teils der Inneneinrichtung notwendig. Auf den Einbau der bei Friederichs und Steiner vorgesehenen Kühleinrichtung wurde verzichtet, da im hiesigen Institut eine Kühlanlage zur Verfügung steht, die die Unterbringung der ganzen Apparatur in einem gekühlten, beleuchteten Raum ermöglicht. Von dem Thermostateninnenraum wurde ein als Windkanal dienender Abschnitt abgegliedert, der mit Hilfe eines Ventilators eine geregelte Zirkulation der Luft bewirkt (Abb. 2). Diese Anordnung gab gleichzeitig die Möglichkeit, den Thermostatenraum erheblich zu vergrößern, ohne eine Verschlechterung der Thermoregulation befürchten zu müssen. Da die Kosten für die Thermoregulationsapparatur (Regulator und Relais), sowie für den Ventilator den größten Teil des Gesamtaufwandes ausmachen, wurden die Herstellungskosten durch diese sehr wünschenswerte Vergrößerung nicht wesentlich erhöht.

Gerüst. Der neue Apparat ist ein rechtkantiger Kasten von 80 cm Breite, 55 cm Tiefe und 75 cm Höhe. Er besteht aus einem Holzgerüst (Abb. 1) von 74 cm × 49 cm × 69 cm, das außen, mit Ausnahme eines an der Rückseite eingesetzten Doppelfensters (Abb. 3 b), mit Insuliteplatten [1]) verkleidet ist. Die Seiten des Holzgerüstes bilden aus 2 cm starken Leisten hergestellte Rahmen. Boden und Decke bestehen aus 8 mm-Sperrholz. Sämtliche Holzteile wurden mit Paraffin

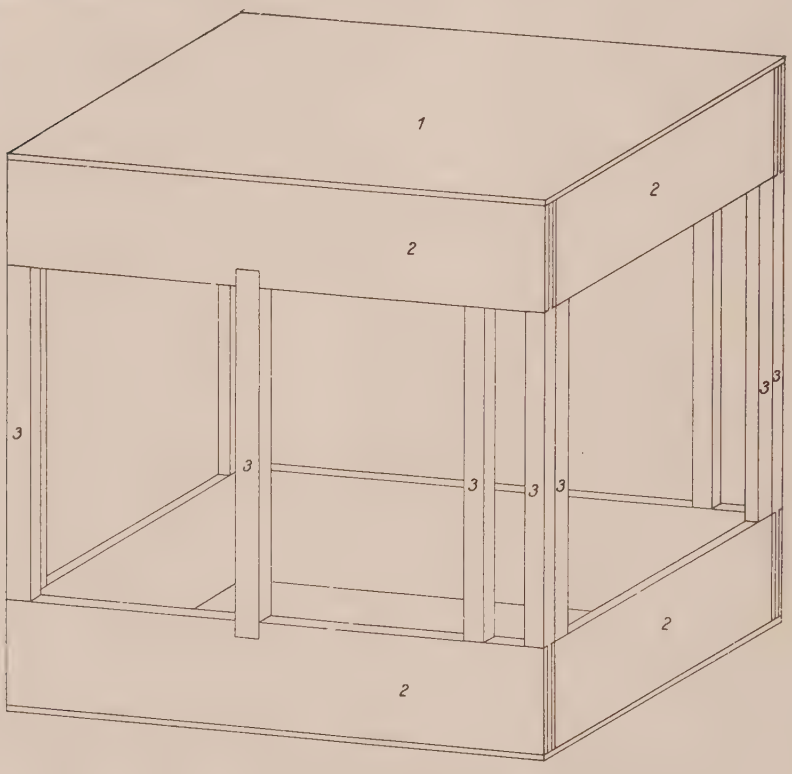


Abb. 1. Das Gerüst des Thermostaten in Parallelprojektion.
Die inneren Sperrholzteile sind noch nicht eingesetzt. Die Maße der Holzteile sind: 1. Sperrholz 8 mm. 2. Kiefernleisten 2 cm × 15 cm. 3. Kiefernleisten 2 cm × 3 cm.

von hohem Schmelzpunkt imprägniert. Einzelheiten sind aus der beigegebenen Zeichnung (Abb. 1) zu ersehen. Zur Vermeidung von Beschädigungen sind die Insuliteplatten außen durch graue Pappe verdeckt und außerdem an den Kanten durch dünne, aufgeschraubte Holzleisten geschützt.

Zuchtraum. In dem sich ergebenden Innenraum von 70 cm × 45 cm × 65 cm ist der eigentliche Zuchtraum 60 cm × 45 cm × 35 cm groß (Abb. 2). Er grenzt links, sowie vorn und hinten an die

[1]) Zu beziehen durch Insulite-Generalvertrieb J. F. Müller u. Sohn A.-G., Hamburg, Vierländer Straße 300, oder durch Holzhandlungen.

Außenwand des Kastens an. Die Vorderseite des Zuchtraumes wird ganz von zwei Türflügeln (Abb. 3 a) eingenommen, die nach den Seiten auseinander schlagen. Eine zwischen ihnen befindliche Anschlagleiste (Abb. 1 u. 3 a), die gleichzeitig den Verschluß trägt, ist herausnehmbar, so daß die ganze Weite des Zuchtraumes zugänglich ist. Die Rückseite des Raumes wird von dem bereits erwähnten Doppelfenster (Abb. 3 b) eingenommen.

Ventilation. Der verbleibende Raum, der oberhalb und unterhalb vom Zuchtraum eine Weite von 15 cm, rechts eine solche von 10 cm hat, dient als Windkanal (Abb. 2). Er ist durch herausnehmbare Sperrholzwände zum größten Teil vom Zuchtraum abgetrennt und nimmt im oberen, horizontalen Abschnitt die Heizeinrichtung H, im unteren die Regulationseinrichtung für die Feuchtigkeit F auf. Der beim Friederichs-Steinerschen Thermostaten gelegentlich störende Einfluß der direkten Wärmestrahlung auf den Thermostatenboden, der sich beim Arbeiten mit eingesetzten Hygrostaten in einer Erhöhung der Feuchtigkeit äußert, wurde durch die Umlagerung des Heizwiderstandes an die Decke ausgeschaltet. Oben beginnt die Sperrholzwand 15 cm von der linken Seitenwand entfernt. Sie läßt hier eine Lücke offen, durch die die Luft aus dem Zuchtraum abgesaugt wird. Die untere Sperrholzwand ist mit 12 in drei Längsreihen angeordneten Löchern von 9 cm Durchmesser versehen (Abb. 2 und 3 b), durch die die Luft wieder in den Zuchtraum eintreten kann. Die Ventilation wird durch einen 4flügeligen Propeller V (Abb. 2, 4 und 6) erreicht, der einen Durchmesser von 13 cm hat und im oberen Abschnitt des Windkanals kurz vor der rechten oberen Kante des Zuchtraumes angebracht ist. Er sitzt auf einer Achse, die nach rechts durch die Außenwand des

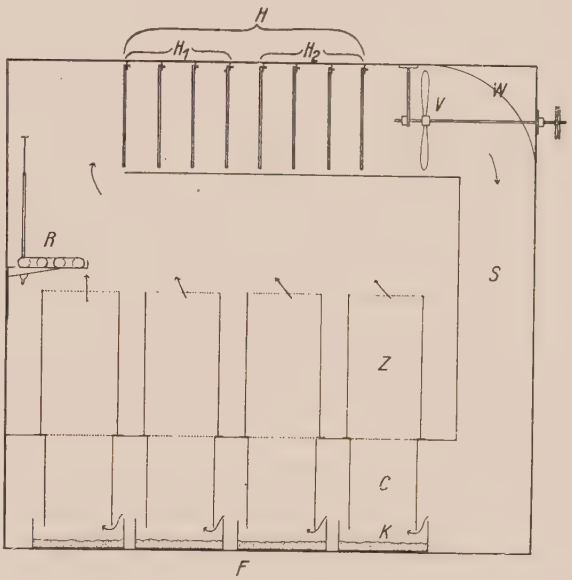


Abb. 2. Schematischer Schnitt durch den Thermostaten, zur Kennzeichnung des Verlaufs des Luftstromes und der Anordnung der Einzelteile der Regulationsapparatur.
R Regulator. *H* Heizraum. H_1 Vorschaltwiderstand des Motors. H_2 Hauptheizwiderstand. *V* Ventilator. *W* Zinkblechwände. *S* Seitlicher Abschnitt des Windkanals. *F* Raum zur Feuchtigkeitsregulierung. *K* Kristallisierschale mit Salzbrei. *C* Cylinder aus Zinkblech. *Z* Zuchtgefäße.

Thermostaten hindurchgeführt ist (Abb. 2, 3 a und 4) und wird mit Hilfe einer Schnurübertragung durch einen kleinen Elektromotor angetrieben. Um die Umlaufgeschwindigkeit des Ventilators innerhalb gewisser Grenzen variieren zu können, ist dem Motor ein veränderlicher Widerstand vorgeschaltet, der als zusätzlicher Heizkörper H_1 in den

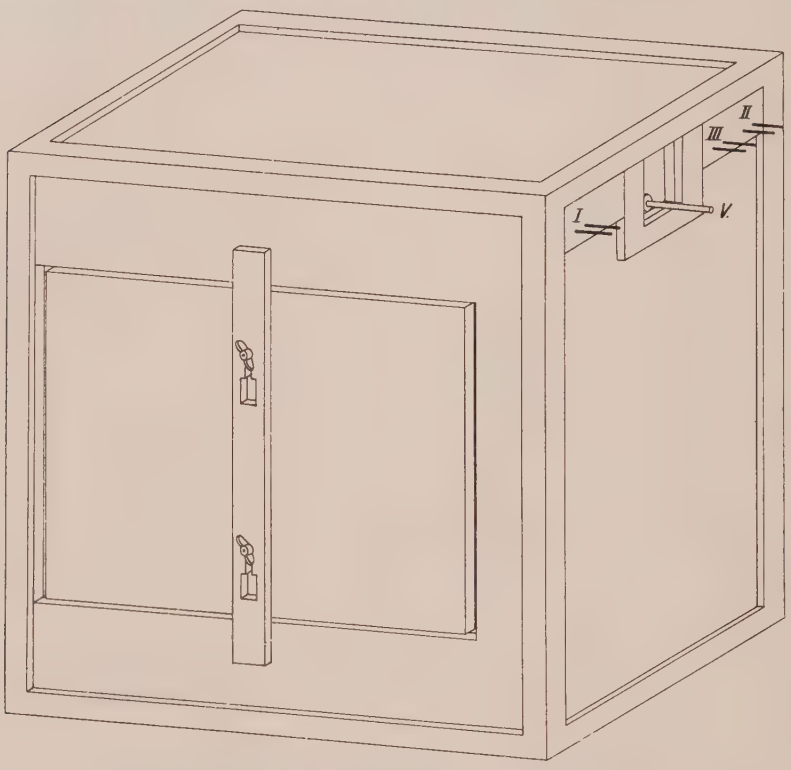


Abb. 3. Gesamtansicht des Thermostaten. a) von der Vorderseite.
V Achse des Ventilators (die Schnurscheibe ist der Übersichtlichkeit halber entfernt). *I* Steckeranschluß für den Vorschaltwiderstand. *II* Steckeranschluß für den Hauptheizwiderstand. *III* Steckeranschluß für den Akkumulatorenstrom.

Thermostaten verlegt ist. Durch eingebaute Zinkblechwände W (Abb. 2, 4 und 6) ist der Windkanal im Bereich des Ventilators so weit verengt, daß dieser gerade Platz hat. Die Bildung von unerwünschten Nebenwirbeln ist dadurch auf ein Minimum beschränkt.

Heizung. Die Beheizung erfolgt durch elektrischen Strom, der mit Hilfe eines Relais Re durch einen Flüssigkeitsregulator R gesteuert wird. Die Schaltung ist im Prinzip die gleiche wie bei dem Friederichs-Steinerschen Thermostaten, nur die Anordnung der einzelnen Instrumente bedurfte einer Umgestaltung. Diese wurde vornehmlich infolge der Einrichtung des kontinuierlichen Luftstromes und der Feuchtigkeitsregulierung nötig. Der Heizkörper wurde, wie schon erwähnt, oben, im Anfangsabschnitt des Windkanals unter-

gebracht (Abb. 2, 4 und 6). Er besteht aus 4 hintereinander geschalteten Rahmen von 40 × 12 cm, die aus 1 × $^1/_2$ cm starken Holzleisten zusammengesetzt sind und mit je 12 m 0,2 mm starken Nickelindrahtes bespannt sind. Zum Schutze gegen Erwärmung sind die Holzteile mit Asbestpapier beklebt. Mittels Polklemmen, die gleichzeitig die Stromzuführung vermitteln, werden die Rahmen an kurzen Messingstiften (Abb. 6) befestigt, die in die an der Decke verlegten Leitungen eingeschraubt sind. Diese bestehen im übrigen innerhalb des Thermostaten aus mit Drahtlack isoliertem, 2 mm × 1 cm starkem Bandmessing. Diese Ausführung wurde gewählt, um bei nicht immer zu vermeidenden Störungen alle empfindlichen Teile leicht auswechseln zu können, so daß Reparaturen ohne längere Außerbetriebsetzung der Anlage durchzuführen sind. [1])

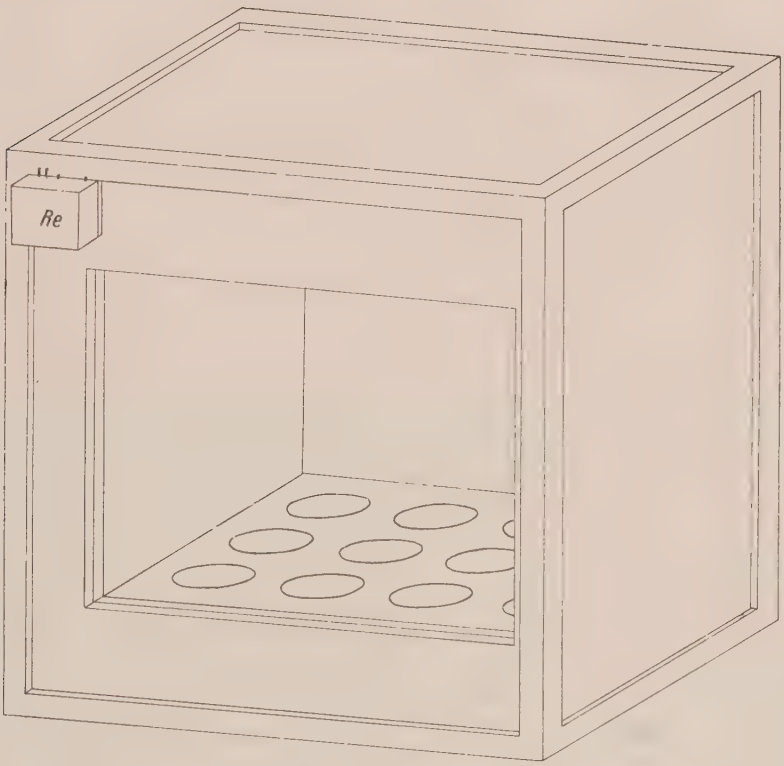


Abb. 3. Gesamtansicht des Thermostaten. b) von der Rückseite. *Re* Relais.

Der Hauptheizwiderstand H_2 nimmt, wie aus dem beigefügten Schema (Abb. 2 und 4) zu ersehen ist, die rechte Hälfte des Heizraumes

[1]) Bei einem erst während der Drucklegung fertiggestellten Apparat gleicher Konstruktion wurde, um Arbeit zu sparen, an Stelle der beschriebenen 4 selbstgebauten Widerstände ein Gitterwiderstand (800) der Firma Schniewindt, Neuenrade, verwandt.

ein. Nach links schließt sich der schon erwähnte Vorschaltwiderstand H_1 für den Motor an. Er besteht gleichfalls aus 4 hintereinander geschalteten Rahmen, von denen 3 genau denen des Heizwiderstandes gleichen, während der vierte aus stärkeren Leisten besteht und in gleichmäßigen Abständen 10 Steckbuchsen trägt, die eine Stromabnahme ermöglichen. Je nach der gewünschten Umdrehungszahl des Motors und nach der Belastung kann also ein mehr oder weniger großer Teil dieses Widerstandes ausgeschaltet werden. Bei einer Steigerung der Belastung können auch die Widerstände sukzessive herausgenommen und durch starke Metallbrücken ersetzt werden. Der letzte, veränderliche Widerstand ist durch die Ansaugöffnung des Windkanals

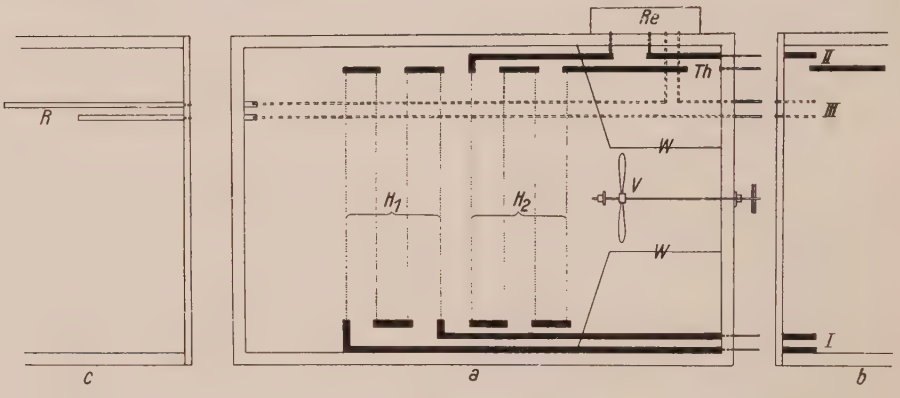


Abb. 4. Schaltschema.

a die an der Decke, *b* und *c* die an der rechten bezw. linken Seitenwand verlegten Leitungen von oben bezw. außen gesehen. Gestrichelt sind die zwischen Insulite und Holz liegenden, sowie die durch das Holz hindurchgeführten Leitungsteile. Schwarz ausgefüllt: Starkstromleitungen, umrandet: Schwachstromleitungen. Die breiten Streifen bezeichnen Bandmessing, die schmalen Rundmessing. Die punktierten Linien bezeichnen die Lage der Heizwiderstände. H_1 Vorschaltwiderstand des Motors mit Steckeranschluß I. H_2 Hauptheizwiderstand mit Steckeranschluß II. *R* Regulatorenanschlüsse mit Steckeranschluß für den Akkumulatorenstrom III. *Re* Relais. *V* Ventilator. *W* Zinkblechwände. *Th* Platz für die Thermosicherung.

leicht zugänglich, so daß auch während des Betriebes Änderungen vorgenommen werden können. Dieser Vorschaltwiderstand ist nicht an das Relais angeschlossen, doch ist seine Heizwirkung bei dem geringen Stromverbrauch des verwendeten Motors so gering, daß eine durch ihn bewirkte Störung in der Regulation nicht zu besorgen ist. Bei Ausschaltung des Heizwiderstandes erhöht er die Temperatur des Thermostaten gegenüber der Zimmertemperatur nur um etwa 2 ° C.

Im hiesigen Institut werden durch einen Motor von $^1/_{32}$ PS mehrere Thermostaten angetrieben. In solchen Fällen ist natürlich nur 1 Vorschaltwiderstand erforderlich, der zweckmäßig in dem am höchsten geheizten Apparat untergebracht wird.

In die Zuleitungen des Hauptheizwiderstandes sind einerseits das Relais Re (Abb. 3 b und 4), andererseits eine einfache Thermosicherung Th (Abb. 4 und 5) eigener Konstruktion eingebaut. Diese liegt im senkrechten Abschnitt des Windkanals an leicht zugänglicher

Stelle und besteht aus einer senkrecht gestellten, 8 cm langen, 1 cm weiten Glasröhre, die beiderseits mit Siegellack L verschlossen ist und im Innern in der unteren Hälfte erstarrtes Paraffin P, darüber Quecksilber Qu enthält. Von oben und unten sind durch den Verschluß starke Eisendrähte E hindurchgeführt, die bei der intakten Sicherung von jeder Seite gerade in das Quecksilber eintauchen. Die freien Enden der Eisendrähte sind an die beiden Pole der an dieser Stelle unterbrochenen Leitung angeschlossen (Abb. 5 a). Bei eventuellem Versagen des Relais oder des Regulators schmilzt das Paraffin, und das Quecksilber sinkt nach unten (Abb. 5 b II). Die Leitung wird unterbrochen, wodurch weitere Störungen und Brandgefahr vermieden werden. Für die hiesige Anlage wurde zur Füllung der Sicherung ein bei 40 ° C schmelzendes Paraffin verwandt. Durch Anwendung von nichtleitenden Substanzen von verschiedenem Schmelzpunkt kann die Sicherung innerhalb des hier in Betracht kommenden Bereichs für jede gewünschte Temperatur hergestellt werden. Sie läßt sich nach erfolgter Auslösung durch Umkehren und nochmaliges Erwärmen wieder gebrauchsfähig machen.

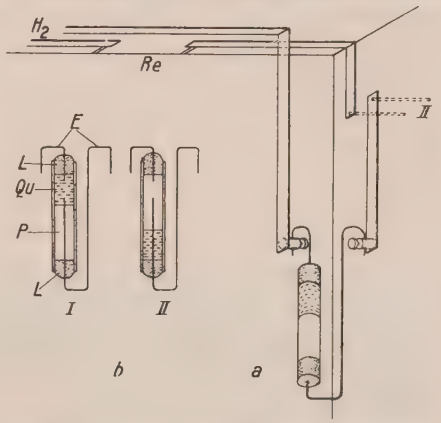


Abb. 5. *a* Thermosicherung in die Leitung eingeschaltet. *Re* Relaiszuleitungen. H_2 zum Heizwiderstand führende Leitungen. *II* Steckeranschluß. *b* Schema I der intakten, II der ausgelösten Sicherung. *L* Siegellack. *P* Paraffin. *Qu* Quecksilber. *E* Eisendraht.

Abb. 6. Innenansicht des Heizraumes mit dem Ventilator nach Herausnahme der Sperrholzwände.

Als Relais wurde ein von der Firma Baumgartner (Köln-Klettenberg) hergestelltes Instrument mit einem Quecksilbertrennkontakt und einer Spule für 4 Volt Gleichstrom gewählt, das mit Akkumulatorenstrom gespeist wird. Es ist aus dem Thermostaten hinausverlegt und sitzt an seiner Rückseite in der rechten oberen Ecke (Abb. 3 b und 4). Die Bestätigung erfolgt durch einen Flüssigkeitsregulator (Abb. 7), der im Prinzip dem einfachen Toluolregulator entspricht, aber für die

speziellen Anforderungen umgewandelt wurde. Als Flüssigkeitsbehälter wurde statt des sonst üblichen senkrechten Glastubus eine waagerechte, doppelt s-förmig gekrümmte Röhre von 1,5 cm Durchmesser und insgesamt ca. 1 m Länge gewählt, um die Füllflüssigkeit mit möglichst großer Oberfläche mit der Luft in Berührung zu bringen. An die Röhre ist mit einem kurzen, abwärts führenden Stutzen ein aus 3 mm Kapillarrohr bestehendes ungleichschenkliges U-Rohr angeblasen, dessen langer, freier Schenkel 18 cm lang ist. Dieser trägt am unteren Ende einen eingeschmolzenen Platinkontakt, während am oberen Ende eine Metallkappe aufgesetzt ist, durch die ein 15 cm langer 1 mm starker eiserner Gewindestift mit Platinspitze hindurchgeführt ist. Die Röhre wurde mit einer starken Lösung von $CaCl_2$ gefüllt, der Ansatzstutzen, sowie der untere Teil des Kapillarrohres mit Quecksilber. Bei dem großen Volumen des Flüssigkeitsbehälters genügte die Füllung mit $CaCl_2$-Lösung an Stelle des sonst meist verwandten Toluol. Letzteres hat manche Nachteile, insbesondere kriecht es leicht an dem Quecksilber vorbei, bewirkt dann eine starke Verschmutzung der Oberfläche und macht eine Neueinstellung notwendig. Durch Drehen des Gewindestiftes kann der Regulator sehr schnell eingestellt werden. Die Oxydation des Quecksilbers wird durch nach erfolgter Einstellung vorgenommene Abdichtung der Kappe mit Zaponlack verhindert. Der Platinkontakt und die Kappe sind mit Polklemmen versehen, durch die die Stromzuführung erfolgt. Der Regulator R ist auf 2 Trägern an der linken Seitenwand des Zuchtraumes angebracht (Abb. 1 und 4). Bei der Aufstellung in Räumen, deren Temperatur um nicht mehr als 3—4 ° C schwankt, kann er auch in dem im übrigen freien, senkrechten Abschnitt des Windkanals Aufnahme finden. Die Zuleitung ist auch hier mit Ausnahme der Anschlußdrähte aus isoliertem Bandmessing bezw. 3 mm-Messingdraht hergestellt. Um eine Kreuzung mit den Starkstromleitungen zu vermeiden, wurde der an der Decke verlaufende Teil der Leitung auf die Außenseite des Holzgerüstes unter die Insuliteschicht verlegt (Abb. 4). Die Einzelheiten des Verlaufs der Leitungen

Abb. 7. Innenansicht des Zuchtraumes mit dem Regulator und den im Boden befindlichen Zinkblechschächten. Einer der Schächte ist herausgenommen, um seine Form zu zeigen.

ergeben sich aus dem beigefügten Schaltungsschema (Abb. 4). Die Anschlüsse an die Hausleitung und den Akkumulator erfolgten durch Messingstifte, deren Abstand so gewählt wurde, daß eine normale Starkstromkupplung gerade darauf paßt. Um Schäden durch Kurzschluß zu vermeiden, wurden die Thermostaten an Steckdosen angeschlossen, die mit 2 Amp. Lamellensicherungen gesichert sind.

Feuchtigkeitsregulation. Die Regulation der Luftfeuchtigkeit erfolgt nach dem bekannten Verfahren durch gesättigte Lösungen von Salzen (Obermiller 7). In die 12 im Boden des Zuchtraumes befindlichen Löcher sind 12 cm lange Zinkblechzylinder C (Abb. 2 und 7) eingepaßt, die in den unteren Abschnitt des Windkanals hineinragen. Unter jedem der Zylinder wird eine paraffinierte Kristallisierschale K (Abb. 2) so aufgestellt, daß ihre Ränder über die Zinkrohre übergreifen. Die Luft muß also durch die Schale sehr scharf hindurchstreichen. In die Schalen wird je nach dem gewünschten Feuchtigkeitsgrad ein Brei eines der für Hygrostaten auch sonst gebrauchten Salze gebracht. Zur Erreichung sehr niedriger Feuchtigkeitsgrade kann unterhalb des senkrechten Abschnittes des Windkanals noch eine weitere, größere Schale aufgestellt werden, um die durch die ganze Apparatur geströmte Luft vorzutrocknen.

Zuchtgefäße. Als normale Zuchtgefäße werden Glaszylinder (Abb. 2 Z) von 20 cm Höhe und 10 cm Durchmesser benutzt, die oben und unten mit Mull oder Gaze verschlossen sind. Sie werden so über die Löcher im Boden des Zuchtraumes gesetzt, daß die Luft hindurchstreichen muß. Für die Benutzung des Apparates als einfacher Thermostat können die Löcher durch Roste verdeckt, und außerdem in halber Höhe des Zuchtraumes mit Drahtgaze bespannte Rahmen eingesetzt werden.

Von größter Bedeutung sowohl für die Thermo- als auch für die Hygroregulation ist bei der vorliegenden Konstruktion die gleichmäßige Durchströmung sämtlicher Zuchtgefäße. Die gleichzeitige Austrocknung des zur Feuchtigkeitsregulierung verwandten Salzbreies in sämtlichen Schalen bewies, daß diese Bedingung schon bei relativ langsamer Luftbewegung hinreichend erfüllt ist (der Ventilator hatte bei normalem Betrieb eine Umdrehungszahl von etwa 600/min.).

Der erste hier gebaute Thermostat ist jetzt seit mehr als einem Jahr fast ununterbrochen im Betrieb. Nachdem in den ersten 2 bis 3 Wochen infolge ungenauer Montierung des ziemlich empfindlichen Relais wiederholt Störungen aufgetreten waren, ist nach Beseitigung dieses Fehlers ein Versagen nur noch infolge von Netzstörungen vorgekommen. Die Schwankungen der Temperatur blieben bei Aufstellung in einem Raum mit ca. 10 °C täglicher Temperaturschwankung unterhalb $^1/_2$ °C, wie das beigefügte Thermogramm (Abb. 8) zeigt. Die Temperatur wurde aber auch bei im Laufe des Jahres vorkommenden noch stärkeren Temperaturschwankungen (bis zu ca. 15 °C) konstant gehalten. Erst wenn die Zimmertemperatur so weit sank, daß trotz

ständigem Heizen die eingestellte Temperatur nicht mehr gehalten wurde, traten Fehler auf. Der erste Apparat dieser Art wurde mit NaCl beschickt und hielt die Feuchtigkeit bei regelmäßigem wöchentlichen Befeuchten des Salzes konstant innerhalb des Bereiches von 65—70 % rel. F. Die Luft erreichte also nicht ganz den Feuchtigkeitsgrad, der sich an der Oberfläche einer gesättigten Kochsalzlösung einstellt (75 % rel. F.). Die Einstellung blieb auch dann erhalten, wenn grüne Pflanzen in den Zuchten verfüttert wurden, die allerdings bei häufiger Erneuerung immer in möglichst geringer Menge gegeben wurden. Diese Erfahrungen wurden auch bei den später fertiggestellten Apparaten bei Einstellung verschiedener Temperaturen und Feuchtigkeiten bestätigt. Fehler traten nur auf infolge mangelhafter Einstellung des Relais. Eine Reinigung der Kapillare des Regulators war nur notwendig bei einem Wechsel der Temperatureinstellung.

Als unmöglich erwies sich die versuchte Herstellung einer wassergesättigten Atmosphäre, da die Isolation der Starkstromleitungen nicht

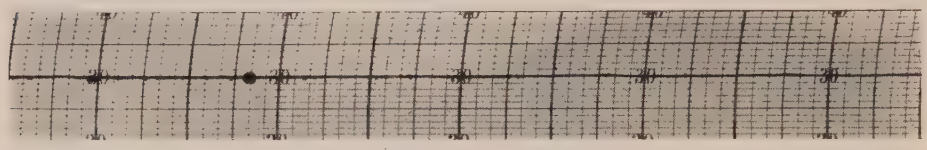


Abb. 8. Thermogramm eines Thermohygrostaten für den Zeitraum von 5 Tagen, Schwankungen der Zimmertemperatur ca. 10° C.

ausreichte und nach einigen Tagen Kurzschluß eintrat. Für diesen Fall wären die Leitungen mit Ausnahme der Anschlüsse von Heizrahmen, Sicherung und Regulator wohl zweckmäßig außerhalb des Thermostaten zu verlegen.

Die Herstellungskosten für den Apparat belaufen sich im Selbstbau auf etwa 100 RM. Davon entfallen auf die Inneneinrichtung ca. 55 RM, auf den Rohbau ca. 45 RM. Hinzu treten die Kosten für Akkumulatoren (à 15 RM) und für den Motor (46 RM), die aber für mehrere Thermostaten gemeinsam in Rechnung zu setzen sind. Der hier benutzte Motor hat mit Vorschaltwiderstand einen Stromverbrauch von ca. 26 Watt/Stunde. Der Stromverbrauch für die Hauptheizung beträgt bei einem Temperaturgefälle von 10 ° C vom Thermostaten zur Außenluft etwa 30 Watt, der Bedarf an Akkumulatorenstrom (für die Steuerung des Relais) $^1/_4$ Watt.

Literatur.

1. Brindley, T. A., and Richardson, C. H., Constant Temperature and Humidity Apparatus for Use in the experimental Study of Insects. In: Jowa St. Coll. J. Sci Vol. V, Nr. 4, S. 211—222. Ames, Jowa, 1931. (Received May 1932.)
2. Buxton, P. A., Evaporation from the Meal-Worm. (Tenebrio: Coleoptera) and Atmospheric Humidity. In: Proc. Roy. Soc. (B), 1930, Vol. 10, S. 560—577.

3. Buxton, P. A., The Measurement of atmospheric Humidity in Relation to entomological Problems. In: Bulletin of Ent. Research, Vol. XXII, S. 431—447, London 1931.
4. Chapman, R. N., Animal Ecology with especial Reference to Insects, 1. ed. New York and London 1931.
5. Escherich, G. U., Ein multipler Thermohygrostat mit ständiger Lufterneuerung. In: Anz. f. Schädlingskunde 1930, Jahrg. 6, Heft 2, S. 13—14.
6. Friederichs, K., und Steiner, P., Wie man sich einfache Thermostaten selbst herstellen kann. In: Anz. f. Schädlingskunde 1930, Jahrg. 6, Heft 11, S. 125—128.
7. Obermiller, J., Die Einstellung von Luft auf bestimmte Trocknungs- oder Feuchtungsgrade mit Hilfe von Salzen und ähnlichen Stoffen, und das „relative Trocknungsvermögen" der Stoffe als Maß ihrer Hygroskopie. In: Zeitschr. f. Physikal. Chemie 1924, Bd. 109, S. 145—164.
8. Shelford, V. E., Laboratory and Field Ecology. London 1929.
9. Wilson, R. E.,[1]) Humidity Control by Means of Sulfuric acid Solutions, with critical Compilations of Vapour Pressure Data. In: Journ. Ind. and Engin. Chem. 1921, Vol. 13, 4.
10. Zwölfer, W., Methoden zur Regulierung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. In: Zeitschr. f. angew. Entom. Bd. 19, Heft 4, S. 497—513. Berlin 1932.

[1]) Nach Chapman (4).

Kleine Mitteilungen.

Zur Bionomie der Copeognathen (Staubläuse).

H. Weber[1]) fand im Gewächshaus des Bonner Instituts für Pflanzenkrankheiten in Begleitung der Aleurodide *Trialeurodes vaporiorum* stets auch zahlreiche Copeognathen *(Ectopsocus parvulus* Kolbe). Die Artzugehörigkeit der Wirtspflanze schien den letzteren ziemlich gleichgültig zu sein, sie bevorzugten als Aufenthaltsort nur solche Blätter verschiedener Pflanzen, die durch die Exkremente jener Aleurodide verschmutzt und mit einem dichten Überzug der dunkelgefärbten Pilzrasen bedeckt waren, die sich auf jenen Exkrementen so gerne ansiedeln und die unter dem Namen „Rußtaupilze" allgemein bekannt sind. Da die genannte Aleurodidenart sehr polyphag ist und da unsere Untersuchungsobjekte an die Wirtspflanze selbst offenbar keine speziellen Anforderungen stellen, ergibt sich daraus von selbst die recht rasche Ausbreitung der Art innerhalb des Gewächshauses, die nur dadurch etwas eingeschränkt wurde, daß man, außer an den Pflanzen, die speziell den Untersuchungen dienten, den Aleurodidenbefall und den Rußtauwuchs selten so weit kommen ließ, daß der *Ectopsocus* sich bedeutend vermehren konnte.

Die Feststellung, daß die Copeognathenart unter den gegebenen Verhältnissen sich ausschließlich von den Rußtaupilzen ernährte, dabei gut gedieh und sich vermehrte, gab die Erklärung für die auffällige Abhängigkeit ihres Vorkommens von dem der Aleurodiden. Wir haben hier also wohl einen neuen Fall der ernährungsphysiologischen Abhängigkeit eines Organismus von den Exkrementen eines Tieres, neu auch insofern, als die Überführung der bekanntlich von vielen Homopteren, unter anderen auch von sämtlichen daraufhin untersuchten Aleurodiden, mit den Exkrementen abgegebenen unverwerteten organischen Stoffe in den Organismus des anderen Tieres nicht direkt, sondern durch Vermittlung eines saprophytisch auf den Exkrementen lebenden Pilzes geschieht. Bekanntlich gibt es eine ganze Anzahl von Insekten, die die unvollkommen ausgenutzten Nahrungssäfte der Homopteren, die von diesen aus dem Enddarm abgegeben werden, als Nahrung schätzen. Besonders tun sich in dieser Hinsicht gewisse Ameisenarten hervor. Derartige Fälle, die man unter die als Symbiose bezeichneten Erscheinungen einzureihen pflegt, scheinen von den Aleurodiden bisher nicht bekannt geworden. Vielleicht hängt das damit zusammen, daß der Kot der Aleurodiden keinen Zucker enthält, dagegen eine große Menge N-haltiger organischer Substanzen (Aminostickstoffgruppen). Möglicherweise sind diese Substanzen für den tierischen Organismus nicht aufschließbar, und es erklärt sich so das Fehlen eines Ameisenbesuchs bei den Aleurodiden. Allerdings besteht auch die Möglichkeit, daß nur das Fehlen der Süße des Zuckers das Fernbleiben von Ameisen erklärt. Wie dem auch sei, sicher ist, daß die Rußtaupilze jene Stoffe zu verwerten verstehen und daß durch ihre Vermittlung die Copeo-

[1]) Weber, H., Die Lebensgeschichte von *Ectopsocus parvulus* (Kolbe 1882). Ein Beitrag zur Kenntnis der einheimischen Copeognathen. Zeitschr. f. wiss. Zool. 1931, 138. Bd., 457—486, 18 Abb. im Text.

gnathen zu Nutznießern der Aleurodiden werden, ohne daß diese aber, wie z. B. die Blattläuse von den Ameisen, von ihnen irgendwelchen Vorteil hätten.

Wenn oben das Abhängigkeitsverhältnis der Copeognathen erwähnt wurde, so ist das nicht so zu verstehen, als ob diese etwa strenge Nahrungsspezialisten wären, und nur von Rußtaupilzarten leben könnten, die auf Aleurodidenkot gewachsen sind. Die angestellten Zuchtversuche zeigten übrigens, daß die Tiere auch auf anderen Pilzarten gediehen, Eier ablegten und ihre ganze Entwicklung vom Ei zum Imago durchmachten. So genügte, vorausgesetzt, daß die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse paßten, jede verunreinigte Agarplatte, auf der sich die üblichen Pilzrasen eingestellt hatten, zur Aufzucht der Tiere. Es ist also kaum anzunehmen, daß der *Ectopsocus* gerade auf die eine Aleurodidenart zu seinem Unterhalt angewiesen ist. Davon allein hängt aber die Möglichkeit einer Bindung an die Aleurodide nicht ab. Die Vermehrung der Tiere ging im Gewächshaus so freudig vor sich, sie zeigte sich so wenig von Licht und frischer Luft abhängig, daß die Annahme sich aufdrängte, das Tier habe mit seinem Eindringen in ein Warmhaus die passenden Lebensbedingungen gefunden. Dazu kommt noch, daß die Sterblichkeit der Larven auch in der Petrischale bei Ernährung mit Rußtaupilzen erheblich geringer schien als bei Ernährung mit anderen Pilzen. Natürlich reichen diese Beobachtungen nicht aus, um den Nachweis zu führen, die Art sei ein normales Glied der *Trialeurodes*-Biozönose. Immerhin aber — und das war Grund genug zu näherer Prüfung — hatte sie sich im vorliegenden Falle unleugbar zu einem Glied dieser Biozönose entwickelt, und selbst wenn sich der Fall als einzigdastehend entpuppen sollte, wäre es mindestens interessant, in einem einzelnen Falle das Zustandekommen eines derartigen Abhängigkeitsverhältnisses festzustellen.

Es besteht, wie gesagt, trotz der deutlichen Hinneigung der optimalen Entwicklungstemperaturen der Art zu den im Gewächshaus vorliegenden Verhältnissen die Möglichkeit, daß *Ectopsocus* als Freilandtier normalerweise auf Pilzen polyphag lebt, oder sich wenigstens von den auf den Exkrementen anderer Homopterenarten lebenden Rußtaupilzen ernährt.

In diesem Falle hätten wir es mit einem höchst klaren Beispiel der ersten Entstehung einer spezialisierten Ernährungsweise durch geographische Isolierung in kleinstem Maßstab zu tun, sowie mit einem Beispiel dafür, wie eine Art, die sich infolge Ortswechsels in besondere Verhältnisse versetzt sieht, bis dahin bedeutungslose Eigentümlichkeiten ihrer Reaktionsnorm (s. Weber 1930) zugute kommen können.

Weber benutzte das reiche Material zu eingehenden Untersuchungen über die Bionomie des genannten Copeognathen, deren Hauptergebnisse hier kurz erwähnt seien:

Ectopsocus parvulus ernährt sich fast ausschließlich von Pilzen; andere Nahrung scheint nicht angenommen zu werden; nur ältere Larven fallen nicht selten Junglarven der eigenen Art an.

Die Tiere stellen Gespinste von verschiedener Form her, unter denen sie herdenweise leben und auch die Gelege absetzen, die ihrerseits wieder mit dichten Seidengeweben überspannt sind. Die großen Gespinste dienen in erster Linie als Fallnetze, der besondere Bau der Fußglieder ermöglicht den Tieren ein sicheres Gehen auf gespannten feinen Fäden.

Nur parthenogenetische Fortpflanzung (Thelytokie) wurde beobachtet, Männchen traten nicht auf, doch läßt sich nicht sicher entscheiden, ob die Parthenogenese fakultativ oder obligatorisch ist.

Der weibliche Geschlechtsapparat besteht aus nur sechs polytrophen Eiröhren, ein in ein Atrium und eine Endblase geteiltes Receptaculum ist vorhanden, drei Paare von ungegliederten Gonapophysen, die das Ei bei der Ablage festhalten, umstellen die Geschlechtsöffnung.

Es reifen stets sechs Eier zu gleicher Zeit, die in Gelegeform rasch hintereinander abgesetzt werden. Die erste Eiablage erfolgt meist innerhalb 24 Stunden nach der letzten Häutung, im ganzen können bis zu 200 Eier abgelegt werden, pro Tag durchschnittlich ein Gelege.

Die optimale Temperatur für die Eientwicklung liegt bei 20° C, die Entwicklung dauert hier 9 Tage, höhere Temperaturen verzögern (25°) oder verhindern (32°) die Entwicklung, Ruhepausen gibt es hier so wenig wie bei der Larvenentwicklung.

Der Embryo öffnet die Eischale mit einem am Scheitel gelegenen Eisprenger, schiebt sich ganz heraus und streift erst dann die Embryohülle, der auch der Eisprenger angehört, ab. Sechs Larvenstadien folgen aufeinander, die sich morphologisch kaum voneinander unterscheiden. Die Flügelanlagen treten beim zweiten Stadium zuerst auf, das schon die endgültige Zahl der Fühlerglieder hat. Die Larvenentwicklung dauert bei optimaler Temperatur etwa 17 Tage. Im Jahre können also etwa zwölf Generationen auftreten, fünf aufeinanderfolgende Generationen wurden während eines Winters im Zimmer festgestellt.

Eine in der Reaktionsnorm der Art begründete Winterruhe scheint also zu fehlen, die Eier wie die Larven entwickeln sich, wenn die nötige Wärme vorhanden ist, ohne Rücksicht auf die Jahreszeit, die oben angegebene Generationenzahl ist also auch praktisch möglich. Dabei sind die Generationen nicht scharf getrennt, was nach dem, was oben über die Dauer und Intensität der Legetätigkeit gesagt wurde, nicht erstaunlich ist. Etwa einen Monat lang kann das Weibchen im Durchschnitt täglich ein Gelege absetzen, so daß die aus den ersten Eiern gekrochenen Tiere bereits mit der Eiablage begonnen haben können, während das Muttertier seine Legetätigkeit noch nicht beendet hat. Infolgedessen findet man in den Kolonien stets Eier, Larven aller Stadien und Imagines nebeneinander und kommt zu diesem Ergebnis auch, wenn man versuchsweise ein Weibchen isoliert und die Nachkommenschaft ungestört läßt.

Dem allen nach ist das Vermehrungspotential der Art sehr bedeutend, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß die Fähigkeit zu ausschließlicher parthenogenetischer Vermehrung eine hemmungslose Zunahme der Individuenzahl begünstigt. Entgegen wirkt einer hemmungslosen Vermehrung allerdings die nicht unbedeutende Sterblichkeit der Larven, die sich nur bei hoher Luftfeuchtigkeit (80—90 %) in engen Grenzen halten läßt. Auch die kannibalischen Neigungen der Larven, die besonders bei starker Vermehrung der Individuenzahl auf engem Raum in Erscheinung treten, spielen den vorliegenden Beobachtungen nach eine recht beträchtliche Rolle im Massenwechsel der Art. Gegen Trockenheit empfindlich sind übrigens auch die Imagines; hungernde Tiere hielten sich in mit sterilem, feuchtem Fließpapier beschickten Schalen mehrere Tage lang, in trockenen Schalen starben sie regelmäßig über Nacht. K. E.

Kleiner Beitrag zur Kenntnis der Holzschädlinge.

(Mit 1 Abbildung.)

In der entomologischen Abteilung des Holzschutzlaboratoriums der Konsolidierten Alkaliwerke in Westeregeln laufen täglich Fraßstücke der verschiedensten Holzschädlinge aus dem ganzen Reiche ein. Handelt es sich dabei um bereits verbautes Eichenholz oder um solches von Holzlagerplätzen, so ist der Schaden in weitaus der größten Zahl der Fälle von dem Parkettkäfer, *Lyctus linearis* Goeze verursacht. Diesem Käfer scheint eine viel größere Bedeutung zuzukommen als allgemein angenommen wird. Fraßstücke von verbautem Nadelholz sind fast durchweg vom Hausbock, *Hylotrupes bajulus* S. und *Anobium striatum* besetzt.

Außer diesen bekannten Holzschädlingen finden sich auch Tiere, über welche bisher wenig bekannt ist. So wurden die fichtenen Bodendielen und Scheuerleisten einer Stube in Etgersleben, Bez. Magdeburg, vom *Rhyncolus porcatus* Germ. vollständig zerstört. An der Oberseite der Dielen, welche mit einem Farbanstrich versehen waren, fanden sich nahezu keine Fluglöcher. Die wenigen Fluglöcher an der Unterseite der Balken lassen es wahrscheinlich erscheinen, daß die Käfer ihre Entwicklung unter Umständen ohne Verlassen der Brutstätten vollenden können.

Fraßbild von *Nacerdas melanura* L.

Auf einer Schiffswerft in Aken/E. wurden die Bodenbalken eines Frachtkahnes von *Nacerdas melanura* L. äußerst stark befallen. Der Befall erstreckte sich nur auf die beiden Seiten der Bodenbalken, also auf das Holz, das dauernd einen hohen Grad von Feuchtigkeit aufweist, weil der darunter liegende Schiffsboden durch seine Fugen immer etwas Wasser durchläßt. Das Wasser steht normalerweise auf dem Schiffsboden bis zu einer Höhe von 3—5 cm. Oberhalb des Wasserspiegels beginnt der Befall von *Nacerdas melanura*.

Nach Aussage des Schiffseigentümers war der Befall derart stark, daß 32 Bodenbalken ausgewechselt werden mußten. Die weniger stark befallenen Balken wurden bebeilt und diese alten sowie die neu eingebauten Balken einmal mit Xylamon satt gestrichen. Seit dieser Behandlung zeigte sich kein Bohrmehlauswurf mehr. Dieser Bericht über den Befall von Kiefernholz, welches von Wasser ständig feucht gehalten wird, ergänzt Ecksteins Mitteilung, wonach die Larve dieses Käfers in altem Eichen- und Tannenholz lebt, das periodisch vom Meerwasser bespült wird.[1])

Dr. Karl Schedl.

[1]) Siehe Escherich, K., Die Forstinsekten Mitteleuropas. Bd. II, S. 202.

Die Makrofauna der Waldstreu.

Quantitative Untersuchungen in Beständen mit guter und schlechter Zersetzung des Bestandesabfalls.

Dissertationsarbeit erschienen in den „Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft". Verlag M. und H. Schaper, Hannover, 1933.

Autoreferat von Anton Ulrich.

Im Gegensatz zu den zahlreichen Untersuchungen über alle anderen Zersetzungsfaktoren sind über die Beteiligung der Makrofauna am Abbau der Bestandesabfallprodukte nur wenige Arbeiten in der forstlichen Literatur erschienen, obgleich schon allein die Massenhaftigkeit der tierischen Streubewohner ohne weiteres auf ihre außerordentliche Wichtigkeit für die Biozönose der Streu und damit deren Abbau schließen läßt. — Daraufhin wurden im Zoologischen Institut der Forstlichen Hochschule Hann. Münden mit Unterstützung des Waldbauinstitutes in den Jahren 1925—1930 vom Verfasser eingehende Untersuchungen über die Mitwirkung der Streufauna an der Zersetzung der Bestandesabfallprodukte benachbarter Bestände mit gleichen Standortsfaktoren in der Preußischen Staatsoberförsterei Gahrenberg (Lehrrevier der Forstlichen Hochschule Hann. Münden) durchgeführt. Bearbeitet wurde nicht die gesamte Bodenfauna, sondern lediglich die Streumakrofauna, zu der von den Würmern aufwärts die Vertreter sämtlicher Tierstämme und -klassen mit Ausnahme der Vertebraten zu rechnen sind, also alle dem Landleben angepaßten und in der Waldstreu hausenden Metazoen. — Die Untersuchungen erstreckten sich auf Fichtentrockentorf und gut zersetzte Buchen-Eichenlaubstreu, in denen mit Hilfe automatischer Ausleseapparate und mikroskopischer Untersuchung bei 37facher Vergrößerung während der Dauer eines Jahres genaue monatliche Zählungen und Massenberechnungen der Makrofauna durchgeführt wurden. Neben diesen quantitativen und in begrenztem Umfang qualitativen Studien liefen experimentelle Versuche über die Beteiligung der Makrofauna am Abbau der organischen Substanzen, speziell der Rohfaser dreierlei Streuarten: Fichtentrockentorf, Buchen-Eichenstreu, reine Buchenstreu wurden je zu einem Drittel in völlig normalem Zustand belassen, zu einem Drittel von makroskopischen Tieren befreit, zu einem weiteren Drittel mit der fünffachen tierischen Enwohnerschaft besetzt. Unter Ausschaltung aller Bodeneinflüsse und unter Beibehaltung völlig natürlicher klimatischer Verhältnisse wurden die so behandelten Streuproben 15 Monate lang sich selbst überlassen. Der Vergleich der chemischen Analysenbefunde am Anfang und Ende der Versuchszeit ergab den Grad des Abbaus. — Die faunistische Untersuchung eröffnete zum Teil ganz neue Einblicke in die Biozönose der Streumakrofauna. — Die nachfolgend aufgezählten Ergebnisse der Arbeit sind forstlich wie zoologisch recht interessant.

Die Makrofauna der Waldstreu ist durchaus standortsbedingt und -gebunden, insbesondere wird sie beeinflußt durch Art und Zersetzungszustand der Streu. Jede Streu hat daher ihren eigenen, charakteristischen Faunentyp. Der Unterschied zwischen den Streufaunentypen eines gleichen Klimagebietes ist hauptsächlich quantitativer Art. Meist sind die gleichen oder nahe verwandte Tiere vorhanden, sie treten jedoch in den einzelnen Streuarten in sehr verschiedener Zahl auf. — Der Faunentyp der untersuchten, gut zersetzten Buchen-Eichenstreu ist wesentlich reicher an Würmern als der des Fichtentrockentorfes. In letzterem fehlen die wichtigen, säureempfindlichen Lumbriciden (Regenwürmer) ganz. Die Apterygoten (Urinsekten) sind in der Laubstreu bei weitem zahlreicher als in der Fichtennadelstreu (41 bezw. 26 % der Gesamttierzahl); umgekehrt liegt das Verhältnis bei den Milben (55 bezw. 73 %). Im Vergleich zu den enormen Zahlen dieser beiden Charakterformen stellen die anderen Tiere zahlenmäßig nur einen

geringen Bruchteil der Streufauna dar. Die Gesamttierzahl beträgt im Jahresmittel in beiden Streuarten pro Liter etwa 2200, sie liegt aber innerhalb der Vegetationsperiode in der Laubstreu wesentlich höher als in der Fichtenstreu. Die Kulmination der Gesamttierzahl beider Bestände liegt Ende Juli/Anfang August. — Der mittlere Lebensraum des Einzeltieres ist in beiden Streuarten ziemlich gleich, hat aber in der Buchen-Eichenstreu eine höhere Luftkapazität. Auf das durchschnittliche Einzeltier entfallen 50 mg trockene Fichtenstreu, 40 mg trockene Buchen-Eichenstreu. Die Tiere der Buchen-Eichenstreu sind zudem größer als die der Fichtenstreu. Auf einen Kubikmillimeter tierische Substanz entfallen daher 701 cmm Fichtenstreusubstanz, doch nur 224 cmm Buchen-Eichenstreusubstanz. — Der quantitative Unterschied bedingt verschiedene Leistungsfähigkeit der Faunentypen beim Abbau der Bestandesabfallprodukte. Die Leistungen sind in schlecht zersetzter bezw. schwer zersetzlicher Streu gering im Vergleich zu den überraschend hohen Leistungen in normal zersetzter. Z. B. ist die Durchlüftungstätigkeit der Streufauna in der untersuchten Buchen-Eichenstreu gemäß den genannten Zahlen etwa dreimal so groß wie in der Fichtenstreu. Nach den Stoffwechselgesetzen fressen die in 100 g trockener Streu (= 71 428 cmm) festgestellten Tiere der Fichtenstreu täglich etwa 71,7 cmm, die der Buchen-Eichenstreu aber 134,3 cmm Streusubstanzen, wobei die Fraßtätigkeit gerade der kleinsten und zahlreichsten Tiere, die bei ihrer relativ sehr großen aktiven Oberfläche einen entsprechend hohen Stoffwechsel haben, nicht unterschätzt werden darf. Die Makrofauna baut also jährlich in der untersuchten Fichtenstreu nur etwa ein Viertel, in der Buchen-Eichenstreu aber zwei Drittel der gesamten Bestandesabfallprodukte ab (300 Fraßtage im Jahr vorausgesetzt). — Die experimentellen Versuche ergaben, daß die Anreicherung der Makrofauna einen stärkeren, die Verminderung der Fauna einen geringeren Rohfaserabbau in Fichten-, Buchen-Eichen- und Buchenstreu zur Folge hatte. Der Tierfraß förderte mithin die Zersetzung der widerstandsfähigsten Streusubstanzen. Der Abbau der leicht zersetzlichen organischen Bestandteile hingegen zeigte das umgekehrte Verhältnis. Die bakterielle Zersetzung richtete sich also nach der Intensität des Tierfraßes und beschränkte sich bei dessen zeitweiligem Fehlen auf die leicht angreifbaren Stoffe. — Daraus ist allgemeingültig zu folgern, daß der Tierfraß in sich gut zersetzender Streu den Hauptanteil am Abbau der Bestandesabfallstoffe bewältigt und insbesondere für den Abbau der widerstandsfähigsten, kohlenstoffreichsten Verbindungen die unerläßliche Voraussetzung zu sein scheint. Wo der Tierfraß diese Stoffe nicht genügend angreift, kommt ihr Abbau ins Stocken. Die Symbiose zwischen Makrofauna und Mikroflora dürfte bei diesen biotischen Zersetzungsvorgängen von allergrößter Bedeutung sein.

Die graphische Darstellung der jährlichen quantitativen Entwicklung der Streumakrofauna zeigt allgemein und besonders hinsichtlich der Kulmination eine enge Übereinstimmung mit der Regen- und Temperaturkurve. Hohe Streufeuchtigkeit bei genügender Wärme bietet der makroskopischen Streufauna optimale Lebensbedingungen. — Die Streufauna bezw. ihre Eier hielten bei experimentellen Versuchen außerordentlich hohe Temperaturen und Trockenheitsgrade aus (45 bis 50° C, Trocknung bis auf 8,5% Wassergehalt). Bei der künstlichen Vermehrung bezw. Verminderung der Streufauna war schon nach 15 Monaten in allen untersuchten Streuarten ein sehr einheitliches biozönotisches Gleichgewicht wiederhergestellt, insofern sich die übervölkerte Fauna radikal reduziert, die verminderte im gleichen Verhältnis wieder aufgefüllt hatte. — Die Makrofauna der Waldstreu besitzt also eine gewaltige Regenerationskraft und ist gegen äußere Einflüsse sehr widerstandsfähig. Vorübergehende Störungen wie etwa Freistellung (Kahlschlag) können ihr wenig oder nichts anhaben. Um so empfindlicher ist sie gegen Störungen und Stockungen in der Streuzersetzung. Die dadurch bedingte baldige

Versäuerung und Dichtlagerung des Bodens und Auflagehumus verändern den Faunentyp in nachteiligster Form, seine Leistungsfähigkeit nimmt rasch ab, mit ihr sinkt wiederum Tempo und Intensität der Zersetzung. Eine Verpflanzung der Makrofauna gut zersetzter Streu in schlecht zersetzte bezw. eine unnatürliche Vermehrung der Makrofauna zwecks Steigerung des Streuabbaus ist auf Grund der Versuchsergebnisse als aussichtslos zu bezeichnen.

Die forstliche Nutzanwendung aus obigen Resultaten läßt sich dahin zusammenfassen, daß pflegliche Bodenbehandlung gerade auch im Interesse der leistungsfähigen Streufauna dringend geboten ist. Scharfe Durchforstung der Bestände zur Steigerung der Licht- und Wärmezufuhr verbunden mit Reisigdeckung zum Schutz gegen überstarke Verdunstung werden die besten und wohl einzigen Mittel zur Schaffung und Erhaltung einer günstigen Streumakrofauna und damit der glatten Zersetzung sein.

Einiges über die Schildmotte.

(Mit 6 Abbildungen.)

Die Schildmotte, auch Erdschneckenmotte oder Zwergeichenspinner genannt (*Cochlidion limacodes* Hfn.), ist ein kleiner unscheinbarer rostbraun gefärbter Schmetterling (Abb. 1), der in die Familie der „Asselspinner" oder Cochlidiiden gehört. Von dieser Familie sind heute annähernd 850 Arten bekannt, von denen aber nur 2 der deutschen Fauna angehören, nämlich außer der oben genannten „Schildmotte" noch der „Asselspinner" (*Heterogenea asella* Schiff.).[1]) Die Mehrzahl der Cochlidiiden bewohnt die Tropen, wo die Raupen verschiedener Arten wegen ihrer starke Hautentzündungen hervorrufenden „Brennhaare" gefürchtet sind.

Auch die Raupen unserer zwei deutschen Arten haben höchst auffallende Eigentümlichkeiten, die sich allerdings nicht auf den Besitz gefährlicher Brennhaare beziehen, sondern auf ihre von den meisten übrigen Schmetterlingsraupen stark abweichende Form, die weit mehr an Schnecken oder Asseln erinnert als an Raupen (worauf ja auch die Namen hinweisen). Der geniale Ratzeburg, der Begründer der wissenschaftlichen Forstinsektenkunde nennt denn auch

Abb. 1. Die Schildmotte (*Cochlidion limacodes* Hfn.) Links Männchen, rechts Weibchen. Ca. 2mal vergr.

die Schildmotte den „merkwürdigsten Falter", da er und seine Entwicklungsstadien (Raupe und Puppe) die Eigenschaften von drei verschiedenen im System weit voneinander getrennten Familien auf sich vereinigen.

Trotz dieser höchst auffallenden Eigentümlichkeiten und obwohl die Schildmotte durchaus nicht zu den Seltenheiten gehört — tritt sie doch bisweilen an

[1]) Siehe Escherich, K., Die Forstinsekten Mitteleuropas, Bd. III.

Eiche oder Buche in schädlicher Menge auf — ist bis jetzt über die Naturgeschichte dieses Tieres herzlich wenig gewesen; das meiste, was wir darüber wußten, stammte von älteren Beobachtern. „Es ist dies", wie A. Hase mit Recht sagt, eine der vielen unerklärlichen Merkwürdigkeiten aus der Geschichte heimatlicher zoologischer Forschung".

Um so erfreulicher ist es, daß der genannte Forscher die Gelegenheit eines massenhaften Vorkommens der Raupen auf jungen Eichenheistern bei Fürsten-

Abb. 2. Die Raupe der Schildmotte. *A* Rückenansicht, *B* Seitenansicht, *C* Bauchansicht des lebenden Tieres, *D* Bauchansicht des in Alkohol getöteten Tieres. Nach A. Hase.

walde a. d. Spree dazu benutzte, an den sonderbaren Tieren eingehendere morphologische und physiologische Untersuchungen anzustellen.[1])

Über die äußere Form geben die Abbildungen 2 A—D, die die Raupe von oben, von der Seite und von unten und ferner in schematisierten Längsschnitten zeigen, eine gute Vorstellung. Die schneckenähnliche Gestalt tritt hier deutlich in Erscheinung. Der Rücken zeigt eine Art Panzer, der durch Verdickung der Rückenplatten des 4.—11. Leibesrings gebildet wird, der aber keineswegs stark ist, sondern eine durch Muskelzug nach den verschiedensten Richtungen biegsame Decke darstellt. Der Kopf wird gewöhnlich tief unter die Kopfhaube (die vom ersten Leibesring gebildet wird) und mit dieser unter die Rückendecke zurückgezogen (Abb. 3); er kann aber beim Kriechen hervorgestülpt werden. Die Dicke der Rückendecke wechselt; die stärksten Teile sind rund 0,5 mm dick. Am deutlichsten tritt die Ausdehnung der Panzerung in Erscheinung, wenn man die Raupen unter Wasser erstickt, da dann eine Streckung des Körpers erfolgt und der Bauch mit der außerordentlich dünnen Haut blasig hervorquillt (Abb. 4).

Die Bauchseite erscheint als einheitliche zarthäutige Kriechsohle. Die sonst bei den Raupen vorkommenden Beine sind zwar vorhanden, doch so stark rück- bezw. umgebildet, daß man sie nur bei genauerem Zusehen entdeckt. Die Brustfüße sind sehr zart und sitzen der weichen Bauchhaut wie kleine Warzen auf, sie dienen auch nicht zur Fortbewegung oder zum Halten des Futters während des Fressens, sondern scheinen lediglich am Ende des Raupenlebens, nämlich beim Spinnen des Kokons eine Rolle zu spielen. Von den „Bauchfüßen" ist beim lebenden Tier gar nichts zu sehen (die Sohle erscheint hier, wie schon gesagt, als einheitliche durchsichtige strukturlose Haut) (s. Abb. 2 C); sie treten erst, wenn das Tier in Alkohol gehärtet wird, hervor, und zwar in Form von 7 querovalen Kriechwülsten (Abb. 2 D). Das Festhalten oder „Haften" der

[1]) Hase, A., Beobachtungen an *Cochlidion*-Raupen sowie über ihre Schneckenähnlichkeit. Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaften 1932. 67. Bd.

Raupen geschieht rein mechanisch, bezw. physikalisch dadurch, daß die sehr biegsame, weiche und dünne Bauchhaut der jeweiligen Unterlage angedrückt wird. Letzten Endes sitzt also die Raupe durch den Druck der umgebenden Luft fest, so wie man zwei Gegenstände mit polierten Flächen durch starkes Aneinanderdrücken zum Haften bringen kann. Die „Kriechwülste" treten hierbei nicht in Funktion, sie glätten sich vielmehr aus und legen sich wie die übrigen zarthäutigen Teile der Bauchhaut der Unterlage an. Die Anschauung älterer Autoren, daß sich die Raupen vermittels eines von der Sohle ausgeschiedenen Sekretes an der Unterlage festklebten, beruht auf einem Irrtum, bezw. auf einer Verwechslung mit dem Spinnsekret, das die älteren Raupen bisweilen beim Kriechen aus der Spinnwarze auf der Kopfunterseite absondern.

Wie fest die Tiere haften, zeigen folgende Versuche: Hase ließ Raupen auf verschieden schweren Metallgewichten sich festsetzen, dann packte er mit einer kräftigen Klemmzange die Tiere am Rückenpanzer und hob sie empor. Der Erfolg war, daß die Raupe das Gewicht mithob, also mit dem Kriechfuß festhielt. Auf diese Weise läßt sich ungefähr der „Haftdruck", den die Raupe auszuüben vermag, ermitteln. Es ergab sich dabei, daß die Raupen einem Zug bis zu 10 g mit der Haftsohle entgegenwirken konnten, was also wohl die obere Grenze der Belastungsmöglichkeit darstellt. Vergegenwärtigt man sich, daß die erwachsenen Schildmottenraupen durchschnittlich etwa 210 mg wiegen, so stellt ein Festhalten bezw. Heben eines Gewichtes von 10,0 g eine erstaunliche Kraftleistung dar. Anders ausgedrückt würde dies bedeuten, daß eine erwachsene Schildmottenraupe ein Gewicht hebt, welches das 47fache des eigenen Körpergewichtes ausmacht, wobei noch zu bedenken ist, daß das Packen der Tiere mit einer Klemmzange eine empfindliche Störung bedeutet.

Während beim Festhaften die ganze Bauchhaut gleichmäßig beteiligt ist, treten bei den Kriechbewegungen die sieben Kriechwülste in Funktion (Abb. 5). Wenn die Schildmottenraupen den Platz wechseln wollen, so heben sie den ganzen Körper ein wenig empor, so daß sie der Unterlage nicht mehr so dicht aufliegen wie in Ruhestellung. Dann beginnt die Arbeit der Kriechwülste, d. h. der ganzen Kriechsohle wie folgt: Am Hinterende wird die letzte Wulst von der Unterlage abgelöst und ein Stück nach vorn getrieben. Gleichsam um „Platz zu schaffen", hebt sich die vorhergehende Wulst von der Unterlage ab, die dahinterliegende Wulst aber, welche die Bewegung einleitete, setzt sich der Unterlage wieder auf, um einen Rückhalt zu gewinnen. So entsteht eine Bewegungswelle, die nach vorn zu ausläuft und durch Rückstoß die vorwärtstreibende Kraft erzeugt.

Abb. 3. Schematischer Längsschnitt durch die Schildmottenraupe. Der Kopf (links) ist samt der „Haube" unter den Rückenpanzer eingezogen. Nach Hase.

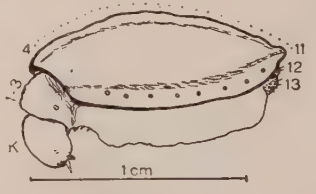


Abb. 4. Schildmottenraupe in völlig gestrecktem Zustand. Der Rückenpanzer hebt sich hier deutlich ab. *K* Kopf, die Zahlen beziehen sich auf die Leibesringe. Nach Hase.

Kaum ist die Welle am Kopfende ausgelaufen, so setzt dieses Wechselspiel von neuem ein; doch läuft stets nur eine Welle gleichzeitig durch die Sohle. Die Welle kann aber auch von vorn nach hinten laufen, wodurch natürlich eine Rückwärtsbewegung der Raupe bewirkt wird. Durch stärkere Beanspruchung der linken, bezw. der rechten Seite der Kriechsohle ist das Tier ferner befähigt, beliebige Kurven bei seinen Kriechbahnen zu beschreiben, auch kann es durch entsprechenden Gebrauch bald der linken bald der rechten Seite Drehungen fast

auf der Stelle ausführen. Um die einzuschlagende Kriechbahn zu prüfen, treten die Taster am Kopf in Tätigkeit, zu welchem Zweck die Raupe den Kopf, mit samt der „Haube“ ziemlich weit hervorstreckt. Die Kriechgeschwindigkeit der Schildmottenraupe ist natürlich eine sehr wechselnde je nach Bedürfnis. Es wurden Geschwindigkeiten von 1—6 cm in der Minute festgestellt. Sie hängt ab einmal von der Schnelligkeit, mit der eine Welle die Länge der Kriechsohle

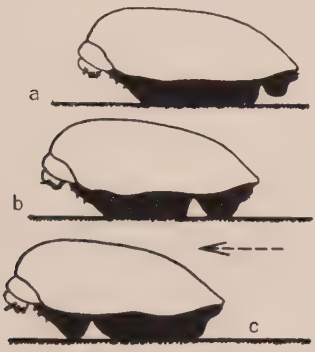


Abb. 5. Kriechbewegung der Schildmottenraupe. Die Kriechwülste heben und senken sich in der Reihenfolge von hinten nach vorn, wodurch die Vorwärtsbewegung des Tieres zustande kommt. Ganz vorn direkt hinter dem Kopf sieht man die drei winzigen Brustfüße. Nach Hase.

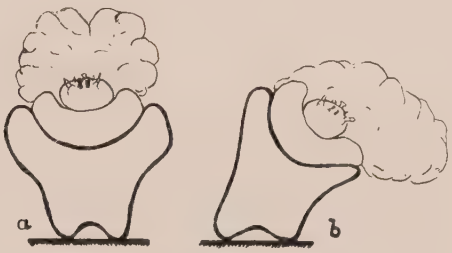


Abb. 6. *a* Die auf den Rücken gelegte Raupe zieht die Flanken des Rückenpanzers stark ein und treibt die Bauchhaut in Blasen auf; *b* um wieder in die normale Lage zu kommen, verlagert sie den Bauchsack nach der einen Seite, so daß sie umklappt. Nach Hase.

durchläuft (2—6 Sekunden) und sodann von der Häufigkeit, mit welcher die Wellen in der Zeiteinheit auftreten (5—20 Wellen in der Minute).

Endlich sei noch auf eine merkwürdige Art und Weise hingewiesen, durch die die auf den Rücken gelegte Raupe wieder in die Normalstellung zu kommen sucht. Die Tiere ziehen zunächst die Flanken und den Rücken stark ein, gleichzeitig wird die Bauchhaut in mächtigen Wellen, oder vielmehr großen Blasen aufgetrieben, so daß das Tier einen ganz monströsen Eindruck macht (Abb. 6 a). Dann wird die weiche Bauchhaut wie ein mächtiger Sack nach einer Seite verlagert (Abb. 6 b), wodurch der auf den Längsleisten des Rückens ruhende Körper das Gleichgewicht verliert und nach der entsprechenden Seite umkippt. Sobald auf diese Weise Teile der Bauchhaut die Unterlage berühren, legt sich diese fest an, und das Tier zieht dann, nachdem es einen Haltepunkt gewonnen, den Körper wieder in die Normallage.

Aus den wenigen hier mitgeteilten Ergebnissen geht ohne weiteres hervor, ein welch außergewöhnlich interessantes Studienobjekt die Schildmottenraupe darstellt, das die weitgehendste Beachtung der Insektenforscher verdient. K. E.

Referate.

Einzelreferate.

Plavilstshikov, N. N., Bockkäfer als Forstschädlinge (Žuki-drovoseki vrediteli drevesini). 200 S., 163 Abbildungen im Texte. Moskau, Forsttechnischer Staatsverlag, 1932 (1933). Preis 4 Rubel, geb. 5,50 Rubel. (In russischer Sprache.)

Das vorliegende Werk wurde mit Rücksicht auf die russische Cerambycidenfauna in einer sehr übersichtlichen Weise geschrieben, und schon der Name des Verfassers, welcher als hervorragender und derzeit wohl bester Kenner der palaearktischen Bockkäfer allgemein anerkannt wird, bürgt für einen hochwertigen Inhalt. Das Buch ist in 8 Kapitel eingeteilt. Zuerst wird der Körperbau, die Entwicklung und Lebensweise der Cerambyciden beschrieben und auf den Geschlechts-Diomorphismus einiger Arten hingewiesen. Nachher folgen die allgemeinen Merkmale der Cerambycidenlarven und -puppen, wobei die ersteren mit den Larven anderer im Holze lebenden Insekten auf Grund einiger charakteristischen Abbildungen verglichen werden. Die ökonomische Bedeutung der Bockkäfer, sowie ihre Bekämpfung wird ausführlich behandelt und zahlreiche Fraßstücke der einzelnen Arten naturgetreu abgebildet. In einem anderen Kapitel werden die Cerambyciden vom Standpunkte der Biozönose in einer übersichtlichen Zusammenstellung der Bäume und der betreffenden, bei ihnen vorkommenden Cerambycidenarten und -larven aufgezählt. Dann folgt eine Bestimmungstabelle aller in SSSR. vorkommenden Cerambycidengattungen, wobei zahlreiche und anschauliche Figuren das genaue Bestimmen des Genus ermöglichen. Im folgenden Kapitel werden dann die Beschreibung, sowie die Biologie und geographische Verbreitung der schädlicheren russischen Cerambycidenarten angegeben und Abbildungen der Imagines, der Larven und in den meisten Fällen auch Abbildungen der Fraßstücke beigefügt. Bei vielen Arten finden wir schöne und interessante Tabellen über die Entwicklung des Käfers, welche auf Grund einiger Beobachtungen zusammengestellt wurden und aus welchen die Dauer der einzelnen Verwandlungen vom Ei bis zum fertigen Imago sofort ersichtlich ist. Für einige Gattungen (z. B. *Tetropium, Rhagium, Asemum, Saperda, Monochamus)* sind in diesem Kapitel auch die Bestimmungstabellen der russischen Arten angeführt. Nachher folgt eine Bestimmungstabelle der Cerambycidenlarven und Fraßstücke, sowie Anleitungen zum Sammeln und Züchten der Cerambycidenlarven und -puppen und eine übersichtliche Zusammenstellung sämtlicher in SSSR. vorkommenden Cerambycidenarten mit Angabe ihrer Verbreitung in den einzelnen Gebieten des europäischen und asiatischen Rußlands. Zum Schluß finden wir ein sehr ausführliches und wertvolles Verzeichnis der neueren, wichtigeren Cerambycidenliteratur, welche die russischen Bockkäfer betrifft.

Von dem vorliegenden Werke wurden 4000 Exemplare gedruckt. Da es viele eigene Beobachtungen enthält und größtenteils mit Originalabbildungen der Larven, Fraßstücke, Käfer sowie verschiedener zur systematischen Kenntnis der

Cerambyciden erforderlichen Details ausgestattet ist, erkennt man beim Durchblättern des Buches auf den ersten Blick, daß es von einem Fachmann von Weltruf geschrieben wurde. Die wissenschaftliche Literatur auf dem Gebiete der Erforschung der Cerambyciden wurde dadurch um ein sehr wertvolles Buch bereichert, welches allen Cerambycidologen, Sammlern und Forstleuten als ein vorzügliches und praktisches Handbuch zu empfehlen ist.

Klemens Špaček, Trautenau.

Zacher, Friederich, Haltung und Züchtung von Vorratsschädlingen. Lief. 416 des Handbuchs der biologischen Arbeitsmethoden, Herausgeber E. Abderhalden. S. 389—592, 196 Abb. Berlin-Wien, Verlag Urban & Schwarzenberg, 1933.

Der durch seine zahlreichen Arbeiten auf dem Gebiete der Speicherschädlinge bekannte Vorstand des Laboratoriums für Vorrats- und Speicherschädlinge der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem hat in dieser wertvollen Schrift seine eigenen reichen Erfahrungen in der Haltung und Züchtung von Vorratsschädlingen, verarbeitet mit jenen zahlreicher anderer Fachleute, niedergelegt. Da manche Vorratsschädlinge sich für viele entwicklungsgeschichtliche, mechanische, Vererbungs-, ökologische und physiologische Versuche besser eignen als Freilandinsekten, so dürfte das Buch weit über den kleinen Kreis der Schädlingsforscher hinaus auch bei jenen Beachtung finden, die sich mit allgemeinbiologischen, physiologischen usw. Fragen befassen. Die Abschnitte II und III enthalten wertvolle Allgemeinwinke über Zucht und Zuchtbehälter, während in IV spezielle Zuchtanweisungen für zahlreiche bekanntere, aber auch weniger häufig vorkommende Schädlinge gebracht werden. In diesen führt Zacher in übersichtlicher Weise kurz das bisher bekannt Gewordene über Verbreitung, Aufenthalt, Entwicklungsstadien, Entwicklungsdauer, -zeiten, Vermehrungspotential, Lebensbedingungen (Wärme, Feuchtigkeit, Nahrung), Lebensgewohnheiten, besondere Zuchtanweisung und hauptsächliche Literatur an. So kann man sich in der Schrift nicht nur rasch über die zweckmäßigste Art und Weise der Zucht eines Speicherschädlings unterrichten, sie ermöglicht auch eine rasche Orientierung darüber, was über den Schädling bereits bekannt geworden ist. Eines wäre vielleicht noch zu wünschen gewesen, ein Abschnitt über die Arbeitsweisen und Geräte zur Untersuchung über Wärme- und Temperaturabhängigkeit der Schadtiere, ihrer Entwicklung und ihrer Lebensäußerungen.

K. Andersen.

Butovitsch, B. von, und **Lehner, W.,** Bestimmungstabelle der wichtigsten in märkischen Kiefernwaldböden vorkommenden Insektenlarven. Berlin, J. Springer, 1933. Preis RM 0,90.

Der Bodenfauna wird mit dem steigenden Interesse an der Biozönosenforschung in der letzten Zeit erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt. Die vorliegende Bestimmungstabelle ist daher zu begrüßen; wenn sie natürlich Lücken aufweist (die kleinsten Formen sind unberücksichtigt gelassen), so wird sie für die erste Orientierung sicherlich gute Dienste leisten. K. E.

Die Tierwelt Deutschlands. 27. Teil. Libellen oder Wasserjungfern (Odonata). Von Eduard May. 124 S. mit 134 Abb. Jena, Verlag Gustav Fischer, 1933. Preis brosch. RM 10,—.

Im vorliegenden von Eduard May bearbeiteten Teil des verdienstvollen Werkes werden alle für Deutschland bekannt gewordenen Libellen in eine Bestimmungstabelle gebracht und zugleich auch eingehend beschrieben. In einem ziemlich ausführlichen allgemeinen Teil wird eine gute Übersicht über die

Morphologie und Biologie der Larven und Imagines gegeben, wobei die für die Systematik wichtigsten Organe, wie Flügel, Kopulationsorgane usw. besonders berücksichtigt werden.

Der Libellenteil reiht sich würdig den vorhergegangenen Insektenbearbeitungen an; er wird gewiß dazu beitragen, das Interesse an den in vielen Beziehungen interessanten Tieren wesentlich zu erhöhen. K. E.

Handbuch der Biologischen Arbeitsmethoden. Herausgegeben von Emil Abderhalden. Lieferung 411, Abt. IX, Teil 7, Heft 2. Preis RM 7,80.

Die vorliegende 411. Lieferung des ins riesenhafte wachsenden Werkes enthält 3 sehr interessante Kapitel aus der Entomologie: 1. Methoden zur Untersuchung von Wasserhymenopteren, bearbeitet von Rimsky-Korsakow, 2. Fang und Züchtung von Strepsipteren von W. Ulrich und 3. Sammeln und Erforschung der Bienen- und Wespennester. Die Bearbeitungen bieten mehr als eine Darstellung der Methoden zur Erforschung der Leistungen der tierischen Organismen, sie geben jeweils auch eine kurze, klare Übersicht über den heutigen Stand unseres biologischen Wissens, so daß sie sich vortrefflich zur Einführung in die Biologie der betreffenden Tiergruppen eignen, zumal auch ausführliche Literaturangaben vorhanden sind. K. E.

Medizinisch-entomologische Veröffentlichungen von allgemeinem Interesse. Besprochen von E. Martini (Hamburg):

Boyd & Ponton, The recent distribution of malaria in the Southeastern United States. Amer. Journ. Trop. Med. 3, 143—166, 1933.

Die Arbeit zeigt die Abhängigkeit der Malaria durch Vermittlung der Anophelen von der geologischen Formation. Eine Untersuchung der Malariaverteilung in den nordamerikanischen Staaten, Georgien, Alabama, South Carolina und Florida ergibt eine recht ungleichmäßige Verteilung. Ein Strich schwerer Malaria zieht keilförmig von der Golfküste etwa an der Nordküste von Florida beginnend, nach Nordosten, und von seinem Grunde aus zieht ein anderer Streifen etwas von der Golfküste entfernt eine Strecke weit nach Florida hinein. Weder die hohe Lage, noch das warme Klima, noch Luftfeuchtigkeit oder Niederschläge zeigen kartographiert irgendwelche Ähnlichkeit mit dem Bild, das die Malariaverteilung gibt. Dagegen stimmt sie genau zur geologischen Karte. In dem ganzen Malariagebiet liegt eine Kalksteinformation zutage, die offenbar von zahlreichen Auswaschungen in der Tiefe durchsetzt ist und eine Anzahl Einbrüche erfahren hat. Durch dieselben sind Senken mit mehr oder weniger unzulänglichem Abfluß enstanden, die, mit Humus gefüllt, nun geeignete Sümpfe und Teiche für die Anophelesentwicklung bilden. Das übrige Gebiet der genannten Staaten zeigt andere geologische Beschaffenheit und keine solche Senken. In schweren Malariajahren tritt die Massenvermehrung der Anophelen und Malaria nur auf dem Gebiet der Kalksteinformation auf. Erst an der Hand der zahlreichen beigegebenen Karten bekommt man ein anschauliches Bild von diesen Verhältnissen.

Leddon, Conditions which predispose sheep to blowfly attack. Agricult. Gazette of N. S. W. 1. VIII. 1931.

Die Arbeit bringt einen interessanten Beitrag zur Frage der Disposition, der sekundären Schädlinge und der Einwirkung der lokalen Verhältnisse auf eine Seuche, nämlich die durch Fliegenlarven hervorgebrachte Myiasis der Schafe. Der springende Punkt ist, daß die scheinbar primären Fliegen doch eine Vorarbeit durch Zersetzungsprozesse im Fließ brauchen, durch

die sie zur Eiablage angelockt werden. Solche kommen normalerweise nicht ganz selten um den After und die Vulva vor. Benetzungen mit Urin führen ebenfalls nicht ganz selten zum Befall. Daher sind weibliche Schafe mehr disponiert als männliche. Von hervorragender Bedeutung ist das Klima: Niederschläge und Luftfeuchtigkeit. Starke Niederschläge durchnässen die Wolle und ihre Trocknung wird durch große Luftfeuchtigkeit verhindert. Es kommt dann zur Bakterienvermehrung in der nassen Wolle nahe an der Haut. Durch die Bakterien wird die Wolle grün oder rötlich, grau, gelb usw. verfärbt, Talg und Hautschuppen werden zersetzt. Das sind die Plätze, zu denen durch die Zersetzungsgerüchte die Fliegen angelockt werden zur Eiablage. Auch die Haut selbst kann gereizt werden. Ja, es gibt eine Pilzkrankheit, welche die Haut bei nassem Wetter erheblich angreifen und in gleicher Weise Fliegenbefall nach sich ziehen kann. Diese Erscheinungen treten besonders auf dem Rücken hervor, weil hier die Feuchtigkeit sich gerade nahe an der Haut hält, während sie an der Bauchseite durch die Wolle nach unten abgezogen wird. Nasse Jahre und Monate sind daher besonders geeignet, schwere Schädigungen der Herde durch Myiasis hervorzurufen. Lokale Gefahren geben zu hohe Futterpflanzen ab. Die Schafe werden dann im nassen Kraut naß, besonders im Nacken, beim Fressen und hier ist in diesem Falle die Prädilationsstelle für Bakterien und Fliegenmaden.

Auch die Schafrassen spielen eine Rolle. Solche mit faltiger Haut erfahren viel leichter einen Madenbefall als glatthäutige, weil in den Hautfalten es schlecht trocknet, ja schon der Schweiß bei feuchter Luft hier die Bedingungen zur Zersetzung und Belegung mit Fliegenlarven geben kann.

Man sieht, daß eine interessante Parallele vorliegt zu manchen Verhältnissen im Schädlingsbefall bei Pflanzen, wo auch rassenmäßige Dispositionen, lokale und klimatische Verhältnisse für die Schwere des Schadens ausschlaggebend werden können.

Nash, T. A. M., The ecology of *Glossina morsitans* Westw., and two possible methods for its destruction. Pt. I. (Die Ökologie von *Glossina morsitans* Westw., und zwei mögliche Methoden zu ihrer Vernichtung, Teil I). Bull. entomol. Res. 24, 107—157 (1933).

„Der Autor bezieht sich auf seine 1930 über denselben Vorwurf gemachten Mitteilungen. Jetzt stellt er fest, daß in seinem Gebiet geringer Regenfall eines Jahres die Vermehrung der Glossinen begünstigt. Boden, der mit Wasser vollgesogen ist, oder Überflutung töten die Tönnchen in 4 Tagen. Schwere Niederschläge mit Überschwemmungen vernichten die Fliegen daher auf große Strecken der Niederung, während sie im Hügelgelände sich erhalten. Auch die zu große Luftsättigung selbst und ein dadurch begünstigter Pilz vernichten viele Glossinen. Es dauerte über 1 Jahr, bis sich die Glossinenpopulation von einem solchen Schlage erholte. Es gibt einen Jahreszyklus der Häufigkeit mit dem Minimum im November. Durch Wildwanderung und menschliche Eingriffe kann dieser Zyklus gestört werden. Die Puppenruhe ist im März am kürzesten. 21° Jahresdurchschnitt scheinen besonders günstig und eine trocknende Kraft der Luft von im Mittel 20—25 täglich. Die Fliegenhäufigkeit folgt der Gunst des Klimas mit ungefähr 1 Monat Verzögerung. Klimogramme für die Gunst der meteorologischen Verhältnisse werden gegeben. — Vor allem wird die Langlebigkeit der erwachsenen Fliegen durch diese Verhältnisse beeinflußt. In den eigentlichen Kerngebieten oder Brutgebieten der Glossinen finden sie im dichten Busch nach Ansicht der Autoren das Wild oft schlecht, sie gehen dann an den Rand des Busches und fliegen schließlich in die offene Ebene hinaus. Sie suchen vor allem mit den Augen und werden angezogen durch die Wildpfade. Sie folgen dem Wildpfad und treffen so häufig das Wild. Durch einen Versuch ließ sich zeigen, daß sie sich an einem Wasserloch, auch wenn dort kein Wild steht, zusammenfinden, wenn man eine Anzahl künstlicher Wildpfade herstellt, die dort zusammenführen.

Diese Fliegen im offenen Gelände, meist hungrige Weibchen. bleiben nicht lange. Die Population hier wechselt dauernd. In den Kerngebieten (Brutgebieten) bekommt man die Weibchen wenig zu sehen, reichlich aber die Männchen. Die Glossinenfauna in den Brachystegiahügeln ist permanent, wechselt wenig. Wenn nur eine gewisse Mindestzahl von Wild vorhanden ist, spielt ein Mehr keine Rolle mehr für das Glossinenleben. — In günstigen Jahren bei starker Vermehrung kommt es auch in sehr offenem Gelände an gewissen Plätzen zur Absetzung von Larven, und die Glossinenpopulation breitet sich weit von den Kerngebieten aus, oft so weit, daß sie ein anderes geeignetes Gebiet erreicht und besiedelt und zu einem neuen Kerngebiet macht. In schlechten Jahren gehen die Glossinen aber wieder zugrunde und werden auf die (alten und neuen) Kerngebiete zurückgedrängt. Die Tageszeit des *morsitans*-Fluges ist die Helle, $^1/_4$ Stunde nach Sonnenuntergang hört er auf, morgens muß erst eine gewisse Wärme und Lufttrockenheit erreicht sein, ehe die Glossinen ihren Flug beginnen. Der Mensch wird nur angegriffen, wenn der Hunger die Fliegen aus ihren Kerngebieten ins Offne hinausgetrieben hat. Ihre Angriffslust auf Vieh in den Kerngebieten zeigte bisher keine Beziehung zu meteorologischen Verhältnissen. Nash weist zum Schluß darauf hin, daß diese Auffassung des Glossinenlebens mutandis mutatis auch auf *Gl. swynnertoni, palpalis, pallidipes* zutrifft.

Mein vorstehendes Referat aus dem Zentralblatt für die gesamte Hygiene gebe ich hier deshalb wieder, weil die Arbeit von Nash mancherlei besonders Interessantes enthält, vor allem einen typischen Fall von Kerngebietbildung darstellt. Dann ist aber auch das Finden des Wildes bemerkenswert. Das in raschem Flug über die mikroklimatisch ungünstige Grassteppe streichende Weibchen fällt auf ein leicht sichtbares optisches Signal ein, die Wildpfade im hohen Steppengras, scharf abgezeichnet durch den Schatten, den das Gras auf den Pfad selbst wirft. Auf- und abstreifend finden die Fliegen dann die Nahrung. Der Geruchssinn soll nur auf sehr geringe Entfernung von Bedeutung sein. Diese Art des indirekten optischen Findens ist meines Wissens in der Sinnes- und Instinktphysiologie noch nicht erwähnt.

(Im Zentralblatt für die gesamte Hygiene finden sich überhaupt in deutscher Sprache viele Arbeiten über medizinische Entomologie aus zum Teil schwer zugängliche Zeitschriften referiert, darunter auch solche, welche dem Allgemeinbiologen etwas bringt.)

Autorenregister.

A.

Abderhalden 82.
Aderhold 585, 587.
Ali 354.
Altum 24, 47.
Andersen 85, 87, 94, 98, 108, 115, 370, 381, 471, 591, 593, 594, 609.
Andersson 163, 164.
Angello 461.
Anonymus 471.
Arnhart 471.
Aullos 330, 352.

B.

Baback 608.
Bachmetjev 3, 13, 28, 40, 47, 82, 115.
Bacot 151, 161.
Baer 202.
Barbey 8, 47, 166, 167, 471.
Batelli u. Stern 594, 595, 608.
Baudet 324.
Bauer 182.
Behm 163.
Behrens 469.
Beling 283, 285, 292, 294.
Benedict 608.
Beninde 136.
Beran 382, 396, 404, 409, 413, 442.
Berge-Rebel 265.
Berlese 210, 217, 221, 227, 231, 237, 265.
Bertrem 471.
Berwig 202, 203, 361, 380, 492, 529.
Beyer 471.
Bilskis 52, 82.
Biologische Reichsanstalt 471.
Birschel 471.
Bischoff 53, 82, 433, 532, 560,
Blackmann 471, 610.
Blanc 227, 231, 265.
Bledowski 425.
Blieck de 324.
Blunck 82, 108, 115, 292, 293, 294, 306, 344, 352, 370, 471, 595.
Boas 8, 47, 428, 472.
Bock 10, 47, 472.
Bodenheimer 3, 6, 8, 10, 44, 47, 48, 52, 82, 330, 342, 344, 345, 349, 351, 352, 356, 370, 376, 380, 472, 590, 593, 596, 609.
Bode 477.
Bodine 608.
Böhner 467, 468.
Börners 52, 82.
Böving u. Craighead 162.
Boidsumi 472.
Bolle 380.
Bonde 150, 161.
Borchers 117, 118, 125.
Bordas 209, 227, 230, 231, 232, 233, 234, 240, 265.
Botjes 472.
Bovey 472.
Bovien 472, 473.
Brandrup 167, 472.
Brandt 208, 265, 326.
Braß 554, 564.
Braßler 472, 482.
Bredemann 473, 587.
Brehm 163.
Bremer 82, 86, 115, 294.
Brindley 625, 634.
Brucker 576, 587.
Brückners 44.
Brues und Melander 163.
Bryssova u. Puschkina 473.
Buchmann 136, 137, 138, 139, 148. 149, 473.
Buchner 326, 473.
Buddenbrock u. Rohr 594, 608.
Bülow v. 166.
Büthschli 594, 608.
Bulgarien 473.
Burdette 414.
Buresch 473.
Burgeß 355, 380.
Buxton 624, 625, 634, 635.

C.

Caesar 70, 82.
Campbell 515, 519, 529.
Cao 151, 161.
Caradja 473.
Celli 151.
Celli u. Cassagrandi 461, 462.
Cesana 594.
Chapmann v. 3, 48, 53, 82, 115, 625, 635.
Chevalier u. Mercier 137, 148, 512, 529.
Cholodkovsky 221, 266.
Chun 218, 219, 266.
Clayton-Loeb 414.
Collins 462, 463, 473.
Comstock 297, 306.
Conrad 203.
Cook 199.
Corl 526.
Cornu 491, 529.
Costa 137, 148.
Croßmann 355, 380.
Crozier 594, 610.
Cummius 473.
Czerviński 432, 433.

D.

Dänemark 473.
Dahl 166.
Dal Sie 137, 148.
Dauberschmidt 204.
Davies 473.
Decker 473.
Deegener 207, 210, 213, 217, 218, 219, 220, 221, 224, 225, 226, 231, 233, 237, 240, 241, 242, 258, 261, 266.
Demoll u. Strohl 115, 473.
De Ong 492, 529.
Diecks 535, 564.
Dietrich 152.
Dillon-Weston 577, 588.
Dingler 473.
Doflein 82.
Dolles 203.
Driesch 468, 469.
Drosihn 473.

Dubois-Raymond 596.
Dyar 450, 454, 459, 460.
Dyer-Badger und Rumreich 473.

E.

Ebner 473.
Eckstein 8, 48, 203, 266, 329, 332, 333, 337, 343, 352, 366, 381, 437, 474.
Eglits 480.
Eidmann 8, 9, 44, 48, 52, 64, 68, 76, 82, 116, 190, 203, 333, 352, 374, 375, 428, 430, 433, 474.
Ekblom 164.
Eliescu 6, 48, 511, 512, 529.
Enderlein 327.
Engelmann 266.
Engels 166, 266.
Enslin 474.
Escherich 1, 2, 3, 17, 26, 28, 30, 31, 48, 52, 79, 82, 171, 178, 181, 184, 185, 191, 192, 199, 203, 205, 207, 209, 210, 217, 225, 227, 237, 262, 266, 330, 352, 356, 357, 380, 433, 491, 492, 512, 515, 519, 529, 625, 635.
Essig 474.
Estland 474.

F.

Faes, Staehlin u. Borey 474.
Fahringer 307, 474.
Falkenhan 474.
Farrer 595, 608.
Faure 474.
Fausseck 266.
Federighi 594.
Fernald 355, 377, 380.
Feuerborn 474.
Filinger 595, 604, 606, 609.
Finkenbrink 474.
Fischer, R. 387, 414, 474, 594.
Fischer, S. 166, 467.
Fischer, W. 474, 609.
Fiske 82.
Fjortonde 163.
Flachs 297, 306.
Fleischmann 326, 327.
Fluiter 474.
Forbes 477.
Forbush v. 355, 377, 380.
Forel 479.
Fraenkel 475.
Fransen 475.
Franz 163.
Frenzel 213, 233, 235, 266.
Freytaud 491, 512, 529.
Frickhinger 327, 470, 475.
Friederichs 53, 83, 468, 475, 521, 522, 529, 619, 623, 625, 627, 628, 635.
Friend 451, 475.
Fries 594, 609.
Frisch 475.
Fuchs 475.
Fülleborn 126.
Fürstenberg 576, 587.
Fujitani 137, 148.
Fulmek 414, 475, 481.
Fyg 475.

G.

Gabrieli 316.
Gasow 475.
Gassner 475.
Gause 619, 623.
Geiger 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 172, 203.
Geinitz 475.
Gersdorff 475.
Geßner 475.
Gilson 227, 230, 266.
Girard 594.
Glaser 151, 159, 161.
Gleisberg 585, 587.
Gnadinger 526.
Görnitz 476, 492, 521, 529.
Gößwald 476, 489, 514, 524, 529.
Goetsch 52, 53, 83, 476.
Götze 382, 408, 409, 414, 492, 530, 548, 578, 587.
Goffart 476.
Goldschmidt 16, 17, 19, 48.
Gorka v. 564.
Graber v. 266.
Gradmann 468.
Graham-Smith 151, 161, 330, 352.
Granovsky 150.
Granzow 470.
Graser 476.
Grassi 450, 461, 462.
Griffin 414.
Grimaldi 476.
Gussev 476.

H.

Hackett 127, 134.
Härter 593.
Hahmann 578, 587.
Hahn 148
Haldane 468.
Halliburthon 593, 608.
Hamburg 476.
Handlirsch 83, 328.
Handschin 476.
Haniel 16, 49.
Hare 476.
Hart 476.
Hartig 279, 532.
Hartmann 468.
Hartzell u. Wilcoxon 476, 512, 524.
Hase 52, 83, 476.
Haselhoff 608.
Headlee 477, 481.
Hecht 126, 477.
Hedicke 532.
Heerdt 477.
Heikertinger 477.
Heller 608.
Helm 227, 230, 250, 266.
Henseval 231, 232, 266.
Henze 48, 477.
Herder 140.
Herfs 477.
Hering 17, 48, 83, 164, 165, 266.
Hermes 477.
Herold 435.
Hertig u. Wollbach 152, 161.
Hesse 3, 48, 52, 83.
Heymons 163, 164, 381, 531, 532.
Hilgendorff 382, 385, 389, 409, 414, 581, 583, 585, 587.
Himmer 477, 487.
Hirschsohn 137, 148.
Höber 305, 306.
Hofmann 19, 48, 51, 171, 327.
Holdavay u. Smith 477.
Holzinger 565, 587.
Hooker 610.
Hori 477.
Horn 470.
Horst 305.
Hottes u. Frison 477.
Houben 382, 383, 384, 385, 389, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 581, 583, 585, 587.
Howard 477.
Huber 481.
Huckett 328.
Hukkinen 477.
Huntoon 492, 529.

I.

Ilinskii 329, 352.
Illinois 477.
Imms 210, 227, 233, 237, 240, 266, 330, 352, 522, 530, 609.
Insecta Matsumurana 477.

J.

Jackson 94.
Joacby 474.

Jagodzinska 478.
Jancke 478, 576, 588.
Janda 596, 606, 608.
Janiczek 426.
Janisch 83, 116, 344, 352, 361, 380, 478, 492, 495, 521, 530, 591, 592, 596, 606, 609, 610.
Japan 478.
Jensen 478.
Jezhikoff 478.
Johnson 150, 161.
Jonesku 478.
Jordan 83, 130, 213, 227, 233, 258, 266, 468.
Judeich 48, 381.

K.

Kalandadze 497, 508, 515, 521, 522, 530.
Kaltenbach 564.
Kanitz 610.
Karpinski 478.
Kaufmann 478.
Kavada 478.
Kavall 532, 560, 561, 564.
Kaysing 167, 478.
Kazanskii 329, 352.
Kemper 478.
Kennel 479.
Kerschner 479.
Kessler 532, 538, 552, 553, 558, 560, 564.
Kinoshita u. Kavada 479.
Kirbach 266.
Kirchner 319, 321.
Kirkpatrick 590, 591.
Kirschner 479.
Knoche 3, 5, 8, 18, 19, 21, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 41, 44, 45, 46, 48, 329, 352, 479.
Knüppel 266.
Koch 165, 479.
Koehler (Ref.) 468.
Königsberger u. Hart 479.
Koëjan 596.
Köppen 564.
Körting 281, 294, 295.
Koizumi 594, 609.
Kojantschikov 479.
Kojima 329, 548, 564.
Kolbe 210, 227, 242, 266.
Komárek 3, 5, 8, 22, 44, 45, 46, 48, 479.
Konrich 565, 588.
Konsuloff 461, 462.
Kontkanin 479.
Kopeć, v. 52, 57, 79, 83.
Korff 297, 306.
Kornauth 49.
Korschelt 116, 227.
Kozhantschikov 590, 609, 610.
Krainska 425.
Krausse 8, 50, 210, 221, 267, 329, 353, 433.
Krembs 479
Kröber 166,
Krogh 596, 606, 608.
Krüger 138, 140, 148, 512, 530.
Krulikovski 40.
Kseneman 479.
Künkele 479.
Kijuper, Jochems 479.
Kunike 137, 148.
Kuntze 425, 433.
Kusin 418.
Kutter 479.

L.

Lampert 266.
Lang 220, 266.
Lange 479.
Langenbuch 296, 479.
Langer 571, 574, 585, 588.
Laske 480.
Laufer 479.
Lautenschläger 520.
Leach 150, 161, 479.
Lebedev 329, 332, 334, 335, 343, 352, 353.
Leddjuren 163.
Lederer 480
Ledingham 151, 161.
Lehner 203, 380.
Leibbrandt 530.
Lengerken 116, 165, 532.
Lenz 3, 48.
Lepeletier 320, 323.
Lettland 480.
Leutholds 45, 46 48.
Lidth de Jeude 227, 266.
Liese-Butovitsch 480.
Lindblom 382, 388, 414, 569, 588.
Lindemann 281, 282, 283, 285, 286, 289, 295.
Lindner 166.
Lodi 377.
Loeb u. Ewald 609, 610.
Lönnberg 163, 164.
Loewel 568, 569, 572, 574, 575, 588.
Loewenthal 57, 83.
Loos 48.
Lossovska-Woydyllova 480.
Lotka 619, 620, 623.
Luers 480.
Lühmann 531.

M.

Mac Aloney 480.
Maeckel 532.
Mahdihassan 480.
Maidl 480.
Malenotti 480.
Malpighi 266.
Manninger sen., Manninger jun. 480.
Marcus 169, 172, 203, 247, 266, 480, 515, 530, 547, 548, 564.
Marquart 470.
Martini 3, 7, 8, 48, 83, 126, 127, 128, 129, 131, 132, 134, 135, 436, 480, 481, 596, 610.
Marton 565.
Massee 577, 588.
Matsumura 477, 481.
May 118, 125.
Meier 484.
Menozzi 492, 530.
Mentzel 585, 587.
Metalnikoff 246, 266.
Metzger 5, 6, 18, 48.
Meyer 172, 178, 179, 190, 192, 203, 611, 624.
Miestinger 412, 413, 481.
Miles 575, 588.
Minkiewicz 481.
Missicoli, Hackett-Martini 481.
Missiroli 127, 134.
Möbius 564.
Molitor 481.
Molz 382, 414.
Moralus 608.
Morgenthaler 481.
Morgulis 55, 83.
Müller 5, 18, 48, 626.
Müller, K. 481.
Müller, R. 481.
Munkelts 302, 306.

N.

Nägeli 481.
Nasse 326.
Necheles 592, 600.
Nees 320.
Nemayer 467.
Nenjukov 595.
Neresheimer 565.
Neuheiten 481.
New Jersey 481.
Newport 594.
Nielsen 481.
Niemeyer 468.
Nieschulz 324.
Nitsche 6, 8, 17, 48, 279, 381, 521, 522, 530.
Novocarbo 413.
Nüsslin-Rhumbler 8, 48, 233, 246, 266, 329, 353, 367, 381.
Nunberg 426.

O.

Obermiller 633, 635.
Oefele v. 467, 468.
Oesterling 477.
Ogyevicz 482.
Okland 482.
Oppi 482.
Orr-Leslie 482.
Ostwald 141, 142, 143.

P.

Packard 260, 266.
Pahron 595.
Pandellé 328.
Pape 327, 328, 482.
Parfentjev v. 52, 57, 83, 595.
Parker 199, 595, 609.
Pauly v. 2, 8, 18, 27, 45, 49.
Payne 29, 482.
Peairs 199.
Pearl 53, 83, 418.
Petersen 207, 218, 221, 222, 262, 266.
Petherbridge 577, 588.
Petrunkewitsch 553.
Petry 151, 152, 161.
Peus 166, 437.
Pfeffer 482.
Philip 482.
Phillips 482.
Pierce v. 370, 381.
Pikering 388.
Plovdiv 462.
Poeteren v. 565, 588.
Polejaeff 415.
Polimanti 594, 609.
Poloschenzew 482.
Popovića 482.
Potonié 595, 607, 608, 609.
Prell 425.
Priesner 281, 283. 286, 288, 294, 295.
Prochnow 329, 337, 344, 345, 353.
Profft 382, 414.
Prosoroff 463.
Püffer 482.
Pütter 83, 116.
Püttner 610.
Pullmann 328.
Puster 167.
Pyenson u. Sweetman 482.

R.

Ratzeburg 1, 8, 18, 28, 46, 49, 322, 329, 330, 332, 353, 427, 428, 431, 433, 564.
Regan 482.
Regnier 482.
Regniol u. Reise 595.
Reh 19, 49, 164, 381, 532.
Reichsgesundheitsamt 482.
Reinhardt 469.
Resojakov 593.
Reuter 295.
Rhumbler 79, 83.
Richardson 414, 625, 634.
Rietra 482.
Riley u. Johannsen 151, 161.
Rimsky-Korsakow 482.
Ripert 512, 529.
Ripper 233, 267.
Roark 482.
Robinson 29, 300, 305, 306.
Rockefeller 462.
Rohr 594.
Rosenhof v. 266.
Roß 482.
Rostrup 280.
Rupertsberger 479, 532, 541, 542, 543, 564.
Ruttner 443.
Ruzicka 3, 45, 49, 137, 149.

S.

Saalas, Unnio 482.
Sacharov 29.
Sachtleben v. 79, 83, 178, 203, 425, 427, 429, 433.
Sälzle 483.
Saling 137, 149.
Samson 222.
Sanders 593, 607, 608.
Sandersen 590.
Sauerländer 166.
Savenkov 329, 332, 335, 343, 352, 353.
Schaffnit u. Weber 483.
Schander 281.
Schaper 83.
Schedl 449.
Schemigonow 3, 28.
Schimitschek 3, 49, 117, 118, 119, 121, 123, 124, 125, 203, 316, 442.
Schimke 519.
Schindler 221, 224, 242, 246, 247, 267.
Schleip 492.
Schmiedeknecht 427, 433.
Schmidt 443.
Schmidt, J. 165.
Schmitt 484.
Schneider-Orelli 483.
Schniewindt 629.
Schoeller-Goebel 483.
Schoevers 484.
Schröder 267, 437.
Schubert-Richter 566, 588.
Schultze, M. 17.
Schulze 14, 49, 116, 484, 591, 593.
Schwartz 484.
Schwartze 267.
Schweiz 484.
Schwerdtfeger 120, 125, 167, 178, 203, 249, 484.
Sedlaczek 2, 24, 42, 46, 49.
Seiff 52.
Seiler 16, 49.
Seitner 329, 353, 428, 432, 433, 483.
Seitz 52, 72, 83.
Selenka 326.
Semper 52, 83.
Sharp 267.
Shelford 3, 6, 16, 39, 49, 162, 199, 330, 335, 344, 353, 356, 380, 483, 609, 625, 635.
Shishkin 329, 353.
Siedler 137, 140, 149.
Silvestri 483.
Simola 483.
Simroth 44, 49.
Sindersberger 171.
Sinoda-Kurata 483.
Sitowski 433, 483.
Sjöberg 382, 388, 414, 569.
Slingerland 297.
Slovzov 594, 608.
Smirnov u. Wiolovitsh 415, 418, 622, 623.
Snodgrass 152, 153, 161.
Snyder 593.
Sorauer 306, 532, 564.
Speyer-Glameyer 484, 521, 530, 565, 569, 570, 576, 579, 588.
Spieß 130.
Spranger 484.
Sprengels 8, 9, 49, 83, 484, 485, 491, 530.
Sproeien 589.
Sprung 485.
Spuler 267.
Stammer 152, 161.
Standfuß 13, 19, 49, 52, 83, 104.
Staniland 570, 577, 589.
Stapel 473, 485.
Statelov 485.
Staudinger 137, 205.
Stschelkonovzeff 355, 358, 380.
Stcherbinovskij v. 52, 84.
Steer 577.
Stein 328, 548, 549, 564.
Steiner 79, 83, 485, 521, 522, 529, 625, 627, 628, 635.
Stellwaag 84, 427, 433, 485, 491, 492, 530.

Stichel 561, 564.
Stiles-Stanley 485.
Stewart 593.
Sulc 483.
Summers 355, 380.
Suter 483.
Svensk 163.
Sweetman 483.
Szaniszló 283, 285, 288, 292, 293, 295.
Szépligeti 317.
Szilady 166.

T.

Tacke 300, 306.
Taillefert 296, 306.
Takahashi 485.
Tamanuki, Koichi 485.
Taschenberg 552, 564.
Telenga 611.
Teubner-Predmerski 485.
Thiem 485, 571, 589.
Thienemann v. 3, 39, 49, 468.
Thomas 481.
Thomsen M. 279, 485.
Thomson 317.
Thorner 593, 607, 608.
Titschack 13, 49, 52, 84, 86, 98, 104, 105, 107, 113, 116, 485, 591, 595, 606, 609.
Toshibumi 564.
Trägårdh 8, 49, 486.
Trappmann 414, 485, 521, 521, 522, 526, 530, 581, 589.
Traube 581.
Trettonde 163.
Troitzky 486.
Trybom 295.
Tubeuf v. 30, 49.
Tullgren 163, 164, 328.
Tunkl 486.
Tutin 570, 585, 589.
Tvavingar 163.

U.

Uexküll v. 468.
Uhlmann 486.
Ulmer 469.
Uvarov 29, 49, 51, 84, 199, 203, 330, 344, 353, 486, 596, 609.

V.

Venetinani 221, 267.
Verhoeff 486.
Verson 227, 267.
Vietinghoff 486.
Vin de 570 589.
Vitzthum 532, 561.
Voelkel 45, 49, 116, 123, 486, 521, 522, 530, 591.
Vogtherr 486.
Volterra 84, 619, 620, 623.
Vorworn 608.

W.

Wachtel 322.
Wachtl 18, 49.
Wahl 414, 486.
Walczuch 486.
Walling 594, 609.
Walton 570, 577, 589.
Wardle 116.
Wasiliev 329, 334, 353.
Watzl 382, 389, 409, 486.
Weber 84, 467.
Wedensky 593, 608.
Weichherz 384, 414.
Weidling 52, 57, 65, 84, 104, 116.
Weinzierl 297, 306.
Weise 564.
Weismann 116.
Weiß 491, 512, 530.
Wellenstein 3, 4, 5, 6, 13, 21, 30, 42, 45, 46, 49.
Wernicke 439.
Werringloer 486.
Werth 471, 486.
Westvood 431.
Weyer 133, 135, 486.
Wheeler 486.
Wiegand 296, 306.
Wiesmann 572, 589.
Wilcoxon-Hartzell 486, 530.
Wilhelmi 136.
Wilke 3, 5, 41, 44, 49.
Willaume 575, 589.
Wille 486.
Wilson 624, 635.
Windelband u. Rickert 469.
Wladimirov 622, 623.
Wohlgemuth 487.
Wolff 8, 19, 24, 27, 50, 210, 221, 267, 329, 353, 433, 469.
Wosskressenski u. Brenn 462, 463.

Z.

Zacher 114, 116, 486, 387, 604.
Zander 326, 327, 487.
Zederbauer 2, 44, 50.
Zillig-Herschler 487.
Zsigmondy 141, 146, 163.
Zweigelt 487.
Zwölfer, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 17, 37, 40, 50, 52, 58, 70, 84, 86, 94, 98, 113, 116, 127, 171, 172, 179, 181, 188, 190, 191, 193, 196, 198, 199, 203, 205, 330, 331, 335, 349, 353, 356, 360, 363, 375, 380, 468, 469, 470, 487, 522, 529, 530, 591, 593, 609, 624, 625, 635.

Sachregister.

A.

abdominalis C. 611, 612, 614.
abeillei C. 618.
Abies sibirica 464.
abietis H. 484, 485.
Abrostola asclepiadis 206.
— triplasia L. 206.
abscissor B. 612.
Acanthocinus 309, 310.
— aedilis L. 311, 319, 479.
— carinulatus 611.
Acari 486.
— carinator 308.
Acrentomon 478.
aceris E. 612.
Acerolepra assectella 472.
Acronicta psi L. 206, 611.
— auricoma F. 206.
— rumicis L. 611.
— Aridens 611.
Actias ningpoana 206, 223, 226, 228.
— selene 206.
aculeatus G. 567.
aculeatus H. 281, 283, 286, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294.
acuminatus J. 614.
Adephaga 482.
Aedes dorsalis 436.
— strictícus 437.
— vexans 437.
Aedinen 435, 441.
Aelia acuminata L. 480.
aenea L. 547.
aequator 309, 310, 311, 318.
— H. 315, 319.
aestuosus Rh. 616.
aethiops P. 616.
affinis P. 471.
Agelastica alni 554.
Ageniaspis atricollis 478.
Aglia tau L. 206.
Agriotes lineatus L. 296, 297, 300, 301, 302, 306.
— obscurus L. 296, 298, 303, 305.
agrorum B. 477.
Agrotis corticea L. 206.
— exclamationis L. 206.
— linogrisea 17, 206.
— occulta L. 206, 607.
Agrotis orbona 206.
— pronuba L. 206, 212.
— segetum 302, 602, 607.
— strigula 206.
— triangulum 206.
Agrypon stenostigma 617.
albiditarsis M. 182.
Aleiodes (Rhogas) circumscriptus 612, 613.
Aleurodidae 485.
alexanor P. 232.
alternans J. 614, 615, 616, 617.
Alysia manducator 477.
amata T. 206.
Amaurasoma 611.
Amblyomma 484.
Amblyteles crispatorius 613.
— equitatorius 613.
— negatorius 613.
— vadatorius 426, 432, 613.
Amicroplus (Macrocentrus) collaris 611, 613.
amicus S. 472.
amplipennis B. 485.
Angitia armillata 614, 618.
— chrysosticta 614, 615, 618.
— exareolata 612.
— fenestralis 615, 617.
— interrupta 617.
— punctoria 617.
— tibialis 617.
— trochanterata 618.
angustatus 309, 310.
Anilastus coxalis 617.
— ebeninus 611, 616, 617.
— notatus 614, 615.
— ruficinctus 614.
— vulgaris 616.
annulicornis 308, 309, 319.
annulipes Ch. 615.
Anobium domesticum 611.
Anomalon 431.
— cerinops 613, 617.
— biguttatum 428, 432.
— xanthopus 427.
Anomalonini 428.
Anopheles maculipennis 104, 116, 126, 128, 129, 133, 134, 135, 462, 481, 486.
— 481.
Anophelium 435, 481.
antiopa V. 205.

antiqua O. 52, 83, 205, 206, 616.
Anthocoris nemorum L. 577.
Anthomyinae 327.
Anthonomus grandis 370.
— pomorum 484, 586, 589, 611.
— rubi 472.
— yamamay 260.
Anthrax morio L 185.
Apanteles 431.
— affinis 615, 617.
— difficilis 611, 615.
— fulvipes 612, 617.
— glomeratus L. 611, 616.
— juniperatae 614.
— lacteus 614.
— octonarius 615.
— rubecula 617.
— ruficrus 615, 617.
— sericeus 611, 612, 613, 614, 615.
— spurius 615.
— vitripennis 617.
— xanthostigma 612.
Apechtis brassicariae 611, 616.
— capulifera 614.
Aphanistes 428, 429, 431, 432, 434.
— armatus 182, 183, 426, 427, 428, 431.
Aphantopus hyperantus L. 205.
Aphanurus eurydemae 613.
Aphelinus mali 484.
Aphididae 474, 477, 611.
Aphidius avenae 611.
— granarius 611.
— leucopterus 618.
— scabiosae 612.
Aphis gossypii 611.
— padi L. 611.
Apidocolpus 307.
apiforme T. 206, 208, 233, 265.
Apion seniculum 471.
— virens 471.
Aporia crataegi L. 611.
appendiculatus O. 613.
apterus Ch. 616.
aquaticus S. 474.
Arachnidae 449.
Araschnia levana L. 205.
arcania C. 205.
Arctia caja L. 19, 50, 53, 55, 60, 61, 64, 68, 70, 72, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 206, 265, 431, 514.
arenacearia E. 613.
argus L. 205.
Argynnis aglaja L. 205, 216.
— lathonia L. 205.
— paphia L. 205.
— selene 205.
Argyresthia ephippiella 575, 586, 588.
— pruniella L. 478.
Arma custos 561.
armator H. 311.
amigera H. 613.
arvensis L. 268, 271, 274, 275, 279.
Ascogaster quadridentatus 614, 617.
Asellus aquaticus 138, 140, 143, 145.
Asilidae 166.
Aspicolpis H. 313.
Aspidocolpus 309.
— borealis 312.
— carinator 313.
— helveticus 314.
Ascherontia atropos L. 205, 206, 245, 249, 260, 265.
atalanta P. 205, 216, 235.
atalantae Th. 616, 617.
atalia M. 205.
attenuata P. 617.
ater X. 618.
atlantis M. 595.
Atta sexdens L. 474.
auctus T. 611.
Augiades comma L. 205.
— sylvanus 205.
aulicae E. 200, 202.
aurantiaria H. 206.
austriacus P. 618.

B.

baccarum M. 615.
bacchus Rh. 617.
Bacillus pycocyaneus 161.
— thyphosus 151, 161.
Banchus falcatorius 613.
— femoralis 182, 425.
— monileatus 617.
— obscurus 617.
banksiana P 449.
Barathra brassicae L. 612.
Barbitistes amplipennis 485.
Barylypa huméralis 613.
— insidiator 613, 614.
— longicornis 616.
basilinea H. 206.
betula C. 360.
betulae Z. 205.
bernuthi I. 615.
bicolor E. 616.
bicolor Rh. 615.
bidens P. 616.
bifida C. 206.
biguttatum A. 428, 432.
bilunulatus I. 182, 426, 428, 429, 433.
bipunctaria O. 206.
biselliella T. 13, 49, 84, 106, 116, 591, 609.
Biston strataria 206.
Blastodacna putripenella 472.
Blastophagus minor 611.
— piniperda L. 612.
Blatta 598, 603.
Blatta orientalis 607.
Blissus leucopterus 39, 162.
Boarmia 206.
Boarmia bistortata 463, 464, 465, 466.
— consortaria 206.
— crepuscularia 487.
Bombus agrorum 477.

Bombyx mori L. 206, 228, 267.
borealis A. 312.
borealis H. 312.
bostrychorum C. 614, 615.
botrana P. 617.
Botrytis Bassiana 280, 561.
— tenella 280.
Bourletiella signata 471.
bovis H. 473.
Bracon abscissor 612.
— obscurator 614.
— praetermissus 612.
— rhynchiti 617
Braconidae 474, 611.
Brachyderes incanus 484.
Bradyrrhoa gilveolella 612.
brassicae Ch. 612.
brassicae M. 206.
brassicae P. 205, 206, 216.
brassicae Ph. 476.
brassicariae A. 611, 616.
brevicaudis Sp. 612, 614.
Brevicoryne brassicae L. 612.
briseis S. 205.
Bruchidae 486.
Bruchidae-Lariedae 116.
brumata Ch. 483, 484, 567, 570, 575, 586, 612.
brumata O. 482, 580.
brunnicornis H. 614.
Bucculatrix canadensisella 451.
bucephala Ph. 206, 616.
bucephala P. 205.
buoliana E. 613.
Bupalus piniarius L. 19, 50, 83, 203, 250, 433, 490, 514, 522.
buprestoides Sp. 618.

C.

Cacoecia rosana L. 612.
Caenopachys hartigii 616.
caesar L. 151.
C-album P. 205.
calcarator Ph. 615, 616.
calcator H. 432.
callaris A. 613.
Callidium violaceum L. 309, 310, 311, 314, 316, 321, 612.
Callimorpha dominula L. 206.
Calliphora erythrocephala 57, 83, 104, 116.
— vomitatia 151.
Calliptamus italicus 599, 607.
Calliptamus 597, 600.
calobatus E. 611, 617, 618.
Calyptus testaceipes 617.
caja A. 19, 50, 53, 54, 55, 60, 61, 64, 68, 70, 72, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 206, 265, 431, 514.
camelina L. 206.
campestris G. 595.
Campodea 450.
Campoplex insignitus 613.
Campoplex pugillator L. 611.
campyloneurus 474.
canadensis D. 482.
canadensisella B. 451.
canaliculatus 483.
canescens N. 482, 614.
Canidia curculionis 616.
capreae L. 479,
capulifera A. 614.
caraboides M. 309, 315.
Caradrina exigua 612.
Carbolineum 587.
carcharias S. 618.
Cardiochiles saltator 615.
cardui P. 205.
carinator A. 308, 313.
carinator H. 313, 321, 322.
carinatori H. 312.
carinatus H. 313.
carinulatus A. 611.
Carlesi V. 535.
carnaria S. 151.
carnifex H. 617.
carpini E. 613.
Carpinus betula 360.
carpophaga D. 206.
caspius 436, 437, 440.
Cassida nebulosa L. 478.
— nobilis L. 478.
cassinoides V. 535.
castaneum T. 309, 311, 316.
castrense M. 217, 266.
Catocala fraxini L. 206.
— fulminea 206, 219.
caucasicus Ph. 616.
cecropia P. 206.
celsia I. 206.
cephalotes E. 615.
cerasi Rh. 484, 485.
Ceratitis capitata 486.
cerealis L. 614.
cerealium P. 612, 616, 617.
cerinops A. 613, 617.
Cerostoma persicellum L. 612.
Cerura bifida 206.
— fulminea 206.
Chaerocampa elpenor L. 206.
Chaetocnema aridula 612.
— hortensis 612.
Chaetodacus cucurbitae 472.
Chagasia fajardoi 481.
Chaitophorus populella 483.
chalcographus I. 271.
chalcographus P. 442, 447, 448, 466.
Chareas graminis L. 612.
Charips flavicornis 611.
Chasmodon apterus 616.
Cheimatobia brumata L. 483, 484, 567, 570, 575, 586, 612.
Chelonus annulipes 615.
— microphthalmus 612.
— scaber 615.
chemica acta H. 149.

Chepus pygmaeus L. 612.
Chermes 485.
Chionaspis salicis L. 415, 416, 417, 418, 420, 422, 423.
chlorophthalma P. 613, 615.
Chlorops taeniopus 612.
Choleon 450.
Chornaeus tricarinatus L. 614.
Chortophila brassicae L. 612.
— denticus 327, 328.
— rubicola 327.
— rubivora 328.
chrysitis P. 206.
chrysorrhoea E. 490, 522.
chyrsophthalmus M. 615.
chrysosticta A. 614, 615, 618.
Cimbex quadrimaculata 48, 472.
Cimex lectularius L. 83, 105, 116, 476, 478.
— rotundatus 476.
cinctipes E. 612, 617.
cingulatorius E. 615.
circumflexum E. 182, 183, 428, 615.
circumscriptus A. 612, 613.
claviventris G. 314.
claviventris H. 314.
Clubiona 578.
Clubiona pallidula 587.
Coccidae 483, 485.
coccinea P. 486.
Coccinella 431.
Coccinellidae 482.
Cochlidion 477.
Coelichneumon abeillei 618.
Coelinius niger 612.
Coeloides abdominalis 611, 612, 614.
— bostrychorum 614, 615.
— filiformis 615.
— melanotus 615.
— scolyticida 613.
Coenonympha arcania L. 205.
coerulescens O. 595.
cognatus P. 617.
Coleoptera 473.
Coleophora hemerobiella 612.
Colias hyale L. 205.
collaris A. 611.
collaris T. 617.
collaris X. 611.
Collembola 449.
Collyria puncticeps 612.
comma A. 205.
communis L. 480.
complana L. 206.
complanatus St. 612.
compressa T. 616.
confusum T. 53.
congelatella E. 613.
consortaria B. 206.
conura T. 152.
convolvuli H. 224.
convolvuli Sp. 265.
Cordyceps militaris 280.
Corethra plumicornis 138, 140, 148, 530.
corinator H. 313.
Corixa geaffroyi 472.
corni E. 485, 589.
corni L. 571.
corrupta E. 482, 483.
corticea A. 206.
Cosmotriche patatoria 595.
Cossus cossus L. 206, 232, 233, 261, 262.
— ligniperda 265, 266.
Cothonaspis rapae 612.
coxalis A. 617.
crassifemur L. 615.
crataegi A. 611.
Cremastus decoratus 615.
— discoidalis 615.
— ornatus 614, 615, 617.
crepuscularia B. 487.
crinita S. 618.
Crioceris 473.
crispatorius A. 613.
Crustacea 449.
Cryptus dianae 615.
— ruspator 318.
— viduatorius 615.
Cucullia lactuacae 206.
Culex pipiens 127.
culiciformis S. 206, 245.
Culicinen 435.
culpator St. 616.
curvator T. 618.
curvulus M. 612, 616.
custos A. 561.
Cydia pomonella L. 484, 576, 586.
cylindricus 309, 310, 318.
Cymatophora or 206.

D.

Dacnusa semirugosa 611.
— tristis 616.
Dactylopius 472.
Dacus oleae 151.
damon L. 205.
Daphnis nerii L. 205, 206, 224, 249.
Dasychira 206.
Dasychira pudibunda L. 205, 206, 235.
debilis L. 615.
decoratus C. 615.
Deilephila euphorbiae L. 205, 595.
Deilinia pusaria L. 206.
Dentroctonus micans 612
— ponderosus 471.
Dendroides canadensis 482.
Dendrolimus 509.
Dendrolimus pini L. 13, 205, 206, 260, 329, 330, 336, 343, 345, 351, 352, 353, 433, 490, 514, 520, 522, 612.
— segregatus 353, 612.
Dendrosoter middendorfii 611, 612.
— protuberans 612, 613, 615.
dendator H. 315, 318.
dentator P. 315.
dentiens Ch. 327, 328.

deplana L. 206.
Derris elliptica 479, 484.
Diacrisia sanio L. 206. 212.
Diadromus subtilicornis 617.
dianae C. 615.
Dianthoecia carpophaga 206.
Diapria variipes 616.
Dicranura vinula L. 206, 228, 250.
dictynna M. 205.
difficilis A. 611.
diffilis A. 615.
difformis O. 617.
Dilina tiliae L. 206, 243.
dimidiatus Rh. 613.
diniana S. 167.
Diospilus maximus 317.
diplidice P. 616.
dipsacea H. 613.
Diptera 166.
discoidalis C. 615.
disparis P. 617.
dispar L. 19, 51, 52, 53, 70, 76, 78, 79, 80, 81, 205, 206, 366, 480, 489, 500, 514, 520, 522, 595.
dispar P. 354, 355, 379, 617.
dissector Rh. 611.
distincta E. 613.
divinator P. 615.
domestica M. 151.
dominula C. 206.
dorsalis 435, 436.
dorsana G. G. 311.
Doryctes gallicus 617.
Drassidae 578.
Drosophila 53.
Drosophila melanogaster 418.
— sibiricus 334, 352.
dubia P. 485.
dubiosus N. 449, 451, 452, 454, 456.
Dytiscus 566.
Dytiscus marginalis L. 82, 108, 352.

E.

ebeninus A. 611, 616, 617.
Eccoptogaster aceris 612.
— carpini 613.
— multistriatus 613.
— pygmaeus 613.
— ratzeburgi 613.
— scolytus 613.
Ecphylus hylesini 611, 613, 616, 617.
— giganteum 428, 433.
elliptica D. 479, 484.
elpenor Ch. 206.
Empusa aulicae 201, 202.
enecator T. 617.
Enicospilus ramidulus 617.
— ramidulus L. 426.
— repentinus 613.
entomophaga M. 561.
Ephedrus plagiator 611.
Ephestia elutella 479.
Ephestia kuehniella 482, 602, 607.
ephippiella A. 575, 586. 588.
ephialtoides X. 323.
Ephialtes cephalotes 615.
— extensor 614.
— gnathaulax 611.
— tuberculatus 615.
Epilachna corrupta 482. 483.
Epinephele jurtina L. 205.
Epiurus calobatus 611, 617, 618.
— erythronota 618.
— inquisitor 611.
— pomorum 611.
— roborator 613, 614, 615, 616, 617.
— sagax 614.
— terebrans 612, 616.
— triangularis 616.
equitatorius A. 613.
Eriogaster lanestries L. 206.
Eriosoma lanuginosum 474.
Ernestia rudis 182, 184, 200, 201, 425, 434.
erythrocephala C. 57, 83, 104, 116.
Erythroneura parvula 479.
erythropus S. 617.
Etiella zinkenella 613.
Eubolia arenacearia 613.
— murinana 613.
eucera Rh. 615.
Eucoela (Psychacra) spinosa 612.
Eulecanium corni 485, 589.
euphorbiae D. 205, 595.
Euplexia luxipara L. 206.
Euproctis chrysorrhoea L. 490, 522.
eurydemae A. 613.
Eurydema festivum L. 613.
Eurygaster 480.
Eurygaster integriceps 17.
Eurythmelus goochi 617.
Euxoa distincta L. 613.
— nigrum L. 613.
— segetum 613.
evanescens T. 14, 49, 116, 188, 273, 591.
Evetria buoliana 613.
— tessulatana 476.
examinator P. 611, 613, 614, 616.
Exapate congelatella 613.
exarator Sp. 611.
exareolata A. 612.
exclamationis A. 206.
Exenterus cingulatorius 615.
Exetastes cinctipes 612, 617.
— gracilicornis 614.
— illusor 613.
— inquisitor 613.
— robustus 613.
exigua C. 612.
exiqua L. 476.
Exochilum circumflexum L. 182, 183, 428, 615.
exoletus O. 615.

F.

fagi St. 232.
fajardoi C. 481.

falcatorius B. 613.
falcatus P. 618.
farinosa I. 280.
fasciata St. 104, 116.
femoralis 309.
femoralis B. 182, 425.
femoralis G. 317.
femoralis H. 317.
fenestralis A. 615, 617.
Fenusa pumila 475.
ferrugalis Ph. 595.
festivum E. 613.
filiformis C. 615.
filipendulae Z. 206.
flammea P. 17, 40, 49, 50, 52, 58, 83, 84, 98, 116, 169, 203, 206, 260, 349, 353, 363, 380, 425, 433, 474, 483, 591, 609.
flavicornis Ch. 611.
flavolineata G. 618.
flavus L. 474.
flexorium L 615.
Forelophilus 479.
Formica 482.
fraxini C. 206.
fraxini L. 615.
frit O. 616
fuciformis H. 205, 206.
fuliginosa Ph. 206.
fuliginosa Sp. 265.
fulminea C. 206, 219.
fulvipes A. 612, 617.
fulvipes X. 280.
funebrana L. 614.
fumipennis M. 611.
fusciceps Ph. 161.
fuscipes S. 472.
fusciplica O. 615.
fuscum F. 311.
fuscum T. 316.

G.

galathea M. 205.
Galerucella viburni 531, 532, 548, 549, 564.
Galerucinae 549.
Galleria mellonella 221, 226, 261, 266, 598.
gallicus D. 617.
galloprovincialis M. 615.
Gambrus ornatus 615.
gamma Ph. 616.
Gasterostrus aculeatus L. 567.
Gastropocha quercifolia L. 206.
geniculata L. 615, 617.
geoffroyi C 472.
Geometra 206.
giganteum E. 428, 433.
gilveolella B. 612.
glabratus H. 49.
gladiator M. 615.
globatus M. 617.
glomeratus A. 611, 616.
Glypta flavolineata 618.
Gnaptor 548.
gnathaulax E. 611.
Gonepteryx rhamni L. 205, 614.
goochi E. 617.
gossypii A. 611.
gracilicornis E. 614.
gracilis T. 206.
Grammesia trigrammica 206.
graminis Ch. 612.
graminum St. 291.
graminum T. 618.
granarium T. 116, 591.
granarius A. 611.
grandiceps Ph. 615.
grandis A. 370.
Grapholita (Laspeyresia) dorsana 311, 322.
gregaria Sch. 47, 82, 349, 380, 472, 593.
griseipleura O. 616.
groenlandica P. 622.
Gryllus campestris 595.
— tardator 308, 313, 321.
Gymnoscelus 307, 309.
Gymnoscelus claviventris 314.
— femoralis 317.

H.

Habrobracon simonovi 613.
Hadena basilinea 206.
— monoglypha 206, 223, 245.
— rurea 206.
— unanimis 206.
hampei St. 53.
Haplothrips aculeatus F. 281, 283, 286, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294.
harcyniae P. 616.
hartigii C. 616.
Helcon 307.
Helcon aequator 315, 316, 319.
— annulicornis 319.
— armator 311.
— (Aspicolpis) 313.
— (Aspidicolpus) maximus 317.
— borealis 312.
— carinator 313, 321, 322.
— carinatori 312.
— carinatus 313.
— claviventris 314.
— corinator Marshall 313.
— dentator 315, 318.
— femoralis 317.
— helveticus 314.
— redactor 317, 322.
— rugator 316
— ruspator L. 308.
— spinator 319, 320.
— tardator 317, 318, 321.
— (Triaspis) 313.
Heleothis armigera 613.
— dipsacea L. 613.
— obsoleta 614
— peltigera 614.
— scutosa 614.
Helvetica chemica acta 149.
helveticus A. 314.

helveticus 309, 310.
Hemaris fuciformis L. 205, 206.
hemerobiella C. 612.
Hepialus humuli 265.
— scabiosae L. 206.
— sylvina L. 206, 213, 214, 222.
Herpestomus brunnicornis 614.
Herse convolvuli L. 224.
Heterodera radicicola 483, 485.
Heteropelma calcator 432.
Hibernia defoliaria 614.
Homoesoma nebulella 614.
Homoptera 483.
Hooplocampa fulvicornis 614.
hortensis Ch. 612.
humeralis B. 613.
humeralis S. 618.
humuli Ph. 479.
Hunterellus Hookeri 482.
hyale C. 205.
hyalinipennis O. 591.
Hybernia aurantiaria 206.
Hygrocryptus carnifex 617.
hylesini E. 611, 613, 616, 617.
Hylesinus palliatus 271.
Hylobius abietis 484, 485.
Hyloicus pinastri L. 205, 206.
Hylurgops glabratus 50.
hyoscyami P. 478.
Hypera posticus 483.
hyperantus A. 205.
Hypoderma bovis 473.
Hyponomeuta cognatellus 614.
— evonymellus L. 614.
— malinellus 614.
— padellus 614.
— variabilis 614
hypotrophica L. 268, 277, 279.

I.

icarus L. 205.
Ichneumon 428, 429, 431, 432, 433, 434.
Ichneumon L. 307.
Ichneumon bilunulatus 182, 426, 428, 429, 433.
— ligatorius 612.
— locutor 430.
— nigritarius 428, 429, 430.
— pachymerus 182, 183, 426, 428, 429, 433.
— pisorius L 429.
— ruspator 318.
Ichneumonidae 611.
Ichnus truncator 613.
illusor E. 613.
incanus B. 484.
indica M. 474.
Incurvaria woerneriella 478.
inops S. 618,
inquisitor E. 611, 613.
insidiator B. 613.
insignitus C. 613.
instigator P. 611, 615, 617.
integriceps E. 17.
intermedius M. 615.
interrupta A. 617.
io V. 216, 235, 249, 476.
Ips acuminatus 614.
— chalcographus 271.
— sexdentatus 614.
— suturalis 614.
— typographus 49, 271, 442, 443.
irrigator X. 611.
Isaria farinosa 280.
Iseropus bermuthi 615.
— stercorator 612.
italicus C. 599, 607.
itilicus C. 596.
Itoplectis alternans 614, 615, 616, 617.
— maculator 612, 614.
— pudibundae 615, 616.

J.

Japyx 450.
Jaspidea celsia L. 206.
jo V. 205, 206.
juniperatae A. 614.
jurtina E. 265.
juvencus P. 486.

K.

kraatri P. 617.
kuehniella E. 482, 602, 607.

L.

Labrorychus debilis 615.
— flexorius 615.
lacteus A. 614.
lactuacae C. 206.
laevifrons P. 617.
laevigatus T. 618.
Lakshadia communis 480.
lanceolator O. 612.
lancifer X. 618.
lanestris E. 206.
lantana V. 535.
lanuginosum E. 474.
laricis D. 479.
laricis N. 490, 511.
Lariedae B. 116.
Lasiocampa pini L. 352.
— quercifolia L. 13.
Lasius flavus 474.
Laspeyresia funebrana 614.
— mariana 476.
— pomonella L. 614.
Lassioptera cerealis 614.
lathonia A. 205.
latibisis P. 618.
Lecanium 483.
Lecanium corni 571.
lectularius C. 83, 105, 116, 476, 478.
Lema lichensis 471.

lentago V. 535.
Leperisinus fraxini 615.
Lepidosaphis rubri 485.
— ulmi L. 415, 416, 417, 418, 419, 422, 423, 483.
Leptidia sinapis L. 205.
Leptura 309, 310.
Leptura (Strangalia) quadrifasciata L. 311, 319.
Leucania lythargyria 206.
— turca L. 206.
— unipuncta 615.
leucophaea M. 206.
leucopterus A. 618.
leucopterus B. 39.
libatrix S. 206.
ligatorius I. 612.
ligniperda C. 265, 266.
ligustri S. 205.
Limnaea stagnalis 303.
Limnerium crassifemur 615.
— genigulata 615, 617.
— nigritella 615.
— planiscapus 615.
— rufifemur 613, 614, 615, 617.
— xanthostoma 612, 613, 614, 615.
Lina aenea 547.
linearis O. 616.
lineata S. 85, 86, 87, 102, 105, 106, 108, 110, 111, 113, 114, 115, 370, 381, 471, 591, 609, 618.
lineatus A. 296, 297, 298, 302, 305.
lineatus X 271, 466.
lineolata P. 481.
linogrisea A. 17, 206.
Liophron lituratus 618.
Liparis dispar L. 19.
— monacha 49.
Lissonota mutanda 616.
— nigra 612.
Lithosia complana 206.
— deplana 206, 210, 212, 213, 219, 230, 243.
littoralis P. 591, 592, 609.
Lochmaea capreae L. 479.
Locusta 597.
Locusta migratoria 596, 607.
— viridissima L. 431.
locutor I. 430.
longicornis B. 616.
lonicerae Z. 206.
Lophopteryx camelina L. 206.
Lophyrus pini L. 6, 48, 431, 450, 490, 511, 512, 513, 514, 522, 529.
— rufus 615.
Loxostege sticticalis L. 615.
loxosteginis Ph. 615.
Loxotropa tritoma 616.
Luceria virens L. 206.
Lucilia caesar 151.
— sericata 324, 325.
lucipara E. 206.
Luperodes pracustus 477.
luridum T. 316, 618.
luteolator O. 617.
luteus O. 613.
Lycaena argus L. 205.
— damon 205.
— icarus 205, 615.
Lyctus 483.
Lyctus linearis 483, 548, 564.
Lyda 124.
Lyda arvensis 268, 271, 274, 275, 276, 279, 280.
— hypotrophica 268, 277.
Lydella nigripes 432.
Lygaeonematus laricis 471.
Lygocerus testaceimanus 611.
Lygus pabulinus L. 576.
Lymnaeus stagnalis 83.
Lymantria dispar L. 51, 52, 53, 70, 79, 80, 81, 205, 206, 366, 480, 489, 500, 520, 595.
— monacha L. 1, 5, 8, 12, 16, 17, 24, 36, 39, 48, 49, 50, 76, 205, 206, 319, 433, 450, 482, 489, 494, 514, 522, 530, 591, 609.
— (Psilura) monacha L. 311.
Lyperosia exiqua 476.

M.

machaon P. 205.
Macrocentrus 311
Macrothylatia rubi L. 206.
maculator I. 612.
maculipennis A. 104, 116, 126, 128, 129, 133, 134, 135, 462, 481, 486.
maculipennis P. 617.
Malacosoma castrense L. 217, 266.
— neustria L. 52, 615.
mali A. 484.
mali P. 567, 569, 571, 575, 586, 588.
Mamestra brassicae L. 206.
— leucophaea 206.
— nebulosa 206.
— persicariae L. 20.
— tincta 206.
manducator A. 477.
marginalis D. 82, 108, 352.
mariana L. 476.
marmorata S. 617.
Maruina indica 474.
Mayetiola destructor 615.
mayri Rh. 617.
maximus D. 317.
maximus H. 317.
Meconema varium 431.
Megaplectes monticola 614.
Melandrya caraboides L. 309, 311, 315.
Melandryidae 482.
Melanargia galathea L. 205.
melanogaster D. 418.
Melanoplus atlantis 595.
Melasoma populi 561.
— tremulae 561.

melanotus C. 615.
melanurus P. 612.
Melitaea atalia 205.
— dictynna 205.
mellonella G. 221, 226, 261, 266, 598.
Mesochorus 431.
Mesochorus curvulus 612, 616,
— pallidus 614, 615.
— tuberculiger 615, 616.
— velox 617.
Mesostenus gladiator 615.
Meteorus albiditarsis 182.
— chrysophthalmus 615.
— pleuralis 613.
— rubens 613.
— rubriceps 612.
— versicolor 615.
Metopsilus porcellus L. 206.
micans D. 612.
Microbatus globatus 617.
Microdus tumidulus 617.
Microgaster intermedius 615.
— marginatus 617.
— subcompletus 615.
microphthalmus Ch. 612.
Microplitis fumipennis 611.
— mediana 614.
— rufiventris 613.
— spectabilis 612, 613.
— spinolae 613, 616.
— variipes 615.
Microtonus terminalis 431.
middendorfii D. 611, 612.
migratoria L. 596, 607.
militaris C. 280.
minor B 611.
monoglypha H. 206, 223, 245.
molitor T. 116, 301, 302, 482, 512, 608.
molle V. 535.
monacha L. 1, 5, 8, 12, 16, 17, 24, 36, 39, 48, 49, 50, 76, 205, 206, 319, 433, 450. 482, 489, 494, 514, 522, 530, 591, 609.
monacha P. 49, 617.
moneta P. 616.
Monieziella entomophaga 561.
monilatius B. 617.
Monochamus galloprovincialis 615.
— rosenmuelleri 466, 615.
mori B. 206, 228, 267.
morio A. 185.
Mormidea baccarum L. 615.
Mormoniella vitripennis 622, 623.
multistriatus E. 613.
multistriatus S. 475.
muriana E. 613.
murina P. 474.
Musca domestica 151.
Muscidae 327.
mutabilis O. 615.
mutanda L. 616.
Myriapodea 449, 486.
Myzorhynchus pseupictus 462.
Myzus persicae 479.

N.

napi P. 205.
Nasutitermes 476.
nebris P. 473.
nebulosa C. 478.
nebulosa M. 206.
negatorius A. 613.
Nematus laricis 490, 511, 513, 514, 522.
Nemeritis canescens 482, 614.
nemorana S. 618.
nemorum A. 577.
Neodripion 449.
Neodripion dubiosus 449, 451, 452, 454, 456
— nanulus 449, 451, 452, 454, 455, 459, 460.
— swainei 449, 450, 451, 452, 454, 457.
Neotomicus proximus 615.
nerii D. 205, 206, 224, 249.
neustria M. 52, 615.
niger C. 612.
nigra L. 612.
nigrinus 437.
nigripes L. 432.
nigritarius I. 428, 429, 430.
nigritella L. 615.
nigrum E. 613.
ningpoana A. 206, 223, 226, 228.
nobilis C. 478.
Notacantha-Rhagionidae 166.
notatus A. 614, 615.
Notodonta ziczac L. 206.
nubilalis P. 70, 82, 84, 617.
Numoria pyrivora 615.

O.

Oberea linearis L. 616.
obscurator B. 614.
obscurus A. 296, 298, 303, 305.
obscurus B. 617.
occulta A. 206, 607.
octonarius A. 615.
Odontomerus appendiculatus 613.
— pinetorium 618.
— quercinus 615.
Oedipoda coerulescens 595.
Oeonistis quadra L. 206.
oleae D. 151.
oleellus P. 617.
oleracea L. 475.
oleracea P. 617.
Olethreutes variegana 616.
Omorgus difformis 617.
— exoletus 615.
— fusciplica 615.
— mutabilis 615.
— solitarius 615.
— tricoloripes 615.
Omphralidae 166.
Oncophanes lanceolator 612.
ooctonus P. 532, 560.
ooctonus T. 532, 560.

opaculus P. 613.
Operophtera brumata L. 482.
Ophioninae 428.
Ophion luteus L. 613.
opulus V. 535.
Opuntia 472.
orbona A. 206.
or C. 206.
Orgilus obscurator 615.
Orgyia antiqua L. 52, 83, 205, 206, 616.
orientalis B. 607.
orientalis V. 618.
ornatus C. 614, 615, 617.
ornatus G. 615.
Ortholitha bipunctaria 206.
Orthopelma luteolator 617.
Oscinella frit L. 616.
— griseipleura 616.
Otiorhynchus sulcatus 485.
Oxycarneus hyalinipennis 591.

P.

pabulinus L. 576.
pachymerus J. 182, 183, 426, 428, 429, 433.
padi A. 611.
Paidia murina 474.
palliatus H. 271.
pallidula 578.
pallidula C. 587.
pallidus M. 614, 615.
Palpicornia 482.
paludosa T. 475.
Paniscus opaculus 613.
Paniscus testaceus 611.
Panolis flammea 17, 40, 49, 50, 52, 58, 83, 84, 98, 116, 169, 203, 206, 260, 349, 353, 363, 380, 425, 433, 474, 483, 591, 593, 609.
Panzeria rudis 203.
Papaipema nebris 473.
paphia A. 205.
Papilio alexanor 232.
— machaon L. 205.
Parasemia plantaginis L. 206.
Parasetigena segregrata 203.
Paratetranychus pilosus 577, 587.
pariana S. 618.
parvula E. 479.
patatoria C. 595.
Paururus juvencus L. 486.
pavonia S. 206, 228.
P. cardui L. 205.
Pegomyia hyoscyami 478.
Perelitus cerealium 612.
Periclista lineolata 481.
Perilampus laevifrons 617.
Perilitis latibisis 618.
Perilitus aethiops 616.
— bicolor 616.
— cerealium 616, 617.
— secalis 616.
Perithous divinator 615.
perniciosus A. 475.
persicae M. 479.
persicariae M. 206.
persicellum C. 612.
persuasoria Rh. 615.
Pteromalus ooctonus 532, 560.
Phalera bucephala L. 205, 206, 616.
Phloetribus caucasicus 616.
Phlyctaenia ferrugalis 595, 604.
Phlyctaenodes sticticalis 19.
Phorbia brassicae 476.
— fusciceps 161.
Phormia groenlandica 622.
Phorodon humuli 479.
Phoscus cephalotes 618.
Phragmatobia fuliginosa L. 206.
Phryganiden 592.
Phygadeuon grandiceps 615.
— loxosteginis 615.
— pteronorum 431.
— sacharovi 615.
Phylactor cacarator 615, 616.
— chlorophthalma 613, 615.
Phyllodecta vulgatissima 586.
Phyllophaga 483.
Phylotreta vittula 616.
Phymatodes testaceus L. 309, 310, 311, 314.
Phytodietus segmentator 615, 617.
Phytometra gamma L. 616.
Phytonomus variabilis 616.
Pieris brassicae L. 205, 206, 616.
— diplidice 616.
— rapae L. 206, 431, 616.
Pimpla dentator 315.
— examinator 611, 613, 614, 616.
— instigator 611, 615, 617.
— turionellae L. 614.
— ventricosa 613.
Pimplinen 428.
pinastri H. 205, 206.
pinetorum O. 618.
piniarius B. 19, 50, 83, 203, 250, 433, 490, 514.
pini D. 13, 205, 206, 329, 330, 336, 343, 345, 351, 352, 433, 490, 520, 522, 612.
pini L. 6, 48, 352, 431, 450, 490, 511, 512, 529.
piniperda B. 612.
Pinus banksiana 449.
pipiens C. 127.
pisorius J. 429.
Pissodes harcyniae 616.
— strobi 480.
Pityogenes chalcographus L. 442, 447, 448, 466.
— quadridens 616.
— treponatus 616.
plagiator E. 611.
planiscapus L. 615.
Platisamia cecropia L. 206.
Platygaster cottei 614.
Plesiocoris rugicollis 576.
pleuralis M. 613.
Pl. pulchrina 206.

plumicornis C. 138, 140, 148, 530.
Plusia chrysitis L. 206.
— moneta 616.
Plutella maculipennis 617.
P. napi L. 205.
Poeciloscytus cognatus 617.
Polia oleracea L. 617.
Polistes dubia K. 485.
Polychrosis botrana 617.
Polydes midae 483.
Polygonia C-album L 205.
pomonella C. 484, 576, 586.
pomonella L. 614.
pomonella R. 153, 161.
pomorum A. 484, 586, 589.
pomorum E. 611.
ponderosus D. 471.
populella Ch. 483.
populi M. 561.
populi S. 206.
Populus tremula 561.
porcellus M. 206.
Porthetria dispar L. 354, 355, 379, 617.
— monacha L. 617.
posticus H. 483.
praecatorius X. 617.
praetermissus B. 612.
praeustus L. 477.
Prays ollellus 617.
Pristomerus vulnerator 613, 614, 616, 617.
Prodenia littoralis 591, 592, 609.
pronuba A. 206, 212.
Prophanurus sokolovi 615.
prorsa L. 205.
Protichneumon disparis 617,
protuberans D. 612, 613, 615.
Protura 482.
proximus M. 615.
pruniella A. 478, 588.
prunifolium V. 535.
pseupictus M. 462.
psi A. 206, 611.
Psilura monacha 49.
Psylla mali 567, 569, 570, 571, 574. 575, 579, 581, 585, 586, 587, 588.
Psylloides affinis 471.
— attenuata 617.
Pteleobius kraatri 617.
— vittatus 617.
Pteronus pini L. 474.
pudibunda D. 205, 206.
pudibundae J. 615, 616.
pugillator C. 611.
pumila F. 475.
punctata L. 431.
punctata S. 482.
puncticeps C. 612.
punctoria A. 617.
pusaria D. 206.
putripenella B. 472.
pygmaeus E. 613.
Pygostolus falcatus 618.
pygmaeus C. 612.
pyocyaneus B. 161.
Pyracmon austriacus 618.
Pyracmon melanurus 612.
Pyrameis atalanta L. 205, 216, 235, 250.
Pyrausta nubilalis 70, 82, 84, 617.
pyrina Z. 206, 243, 244, 245, 618.
pyrivora M. 615.
Pyrochrova coccinea L. 486.
Pyrochroidae 482.
Pyrrhidium sanguineum L. 617.

Q.

quadra O. 206.
quadridens P. 616.
quadridentatus A. 614, 617.
quadrifasciata L. 311, 319.
quadrimaculata C. 48, 472.
quercifolia L. 13.
quercifolia G. 206.
quercinus O. 615.

R.

radicicola Ph. 483, 485.
ramidulus E. 426, 617.
rapae C. 612.
rapae P. 206, 431, 616.
ratzeburgi E. 613.
redactor H. 317, 322.
repentinus E. 613.
retusus X. 309.
Rhagionidae N. 166.
Rhagoletis cerasi L. 484, 485.
— pomonella 153, 161.
rhamni G. 205, 614.
Rhodites mayri 617.
Rhogas aestuosus 616.
— bicolor 615.
— dimidiatus 613.
— dissector 611.
— testaceus 613.
Rhoptrocerus eucera 615.
Rhoptromeris vidhalmi 616.
Rhynchites bacchus L. 617.
rhynchiti B. 617.
Rhyssa persuasoria L. 615.
rhytidophyllum V. 535.
roborator E. 613, 614, 615, 616, 617.
robustus E. 613.
rosana C. 612.
rosenmuelleri M. 466, 615.
rotundatus C. 476.
rubecula A. 617.
rubens M. 613.
rubi A. 472.
rubicola Ch. 327.
rubi M. 206.
rubivora Ch. 328.
rubriceps M. 612.
rubri A. 485.
rudis E. 182, 184, 200, 201, 425, 434.

rudis P. 203.
ruficinctus A. 614.
ruficrus A. 615, 617.
rufifemur L. 613, 614, 615, 617.
rufipes T. 577, 587.
rufiventris M. 613.
rufus L. 615.
rugicollis P. 576.
rumicis A. 611.
rurea H. 206.
Rusina umbratica 206.
ruspator C. 318.
ruspator H. 308.
ruspator I. 318.
ruspator X. 318.

S.

sacharovi Ph. 615.
Sagaritis erythropus 617.
sagax E. 614.
Salebria marmorata 618.
salicis Ch. 415, 416, 417, 418, 420, 422, 423.
saltator C. 615.
sanguineum P. 617.
sanio D. 206.
Saperda carcharias L. 618.
Sarcophaga carnaria 151.
Sartunia pavonia L. 206, 228.
Satyrus briseis L. 205.
scaber Ch. 615.
scaber T. 182.
scabiosae A. 612.
scabiosae H. 206.
Scarabaeidae 483.
Scatonema wülkeri 472.
Scatopse fuscipes 472.
Schistocerca gregaria 47, 82, 349, 380, 472, 593.
Sciapteron tabaniformis 206.
Scoliopteryx libatrix L. 206.
scolyticida C. 613.
scolytus E. 613.
Scolytus (Eccoptogaster) multistriatus 475.
secalis P. 616.
segetum A. 302, 602, 607.
segetum E. 613.
segmentator Ph. 615, 617.
segregrata P. 203.
segregatus Dendrolimus 353, 612.
selene A 205, 206.
Semasia diniana 167.
semirugosa D. 611.
seniculum A. 471.
sericata L, 324, 325.
sericeus A. 611, 612, 613, 614, 615.
Sesia culiciformis L. 206, 245.
— tipuliformis 265.
sexdens A. 474.
sexdentatus I. 614.
sibirica A. 464.
sibirica v. 312.
sibiricus D. 334, 352.
Sieboldii V. 535.
signata B. 471.
Simaethis nemorana 618.
— pariana 618.
simonovi H 613.
sinapis L. 205.
Sitodrepa 479.
Sitona 593
Sitona crinita 618.
— humeralis 618.
— inops 618.
— lineata L. 85, 86, 87, 162, 105, 106, 108, 110, 111, 113, 114, 115, 370, 381, 471, 591, 609, 618.
Sminthurides aquaticus 474.
Smerinthus populi L. 206.
sokolovi P. 615.
solitarius O. 615.
Spathius brevicaudis 612, 614.
— exarator L. 611.
spectabilis M. 612, 613.
Sphecophaga vesparum 618.
Sphinx convolvuli L. 265.
— ligustri L. 205.
Spicaria 280.
Spilisoma fuliginosa 265.
Spilomena troglodites 477.
spinator H. 319, 320.
spinosa E. 612.
spinolae M. 613, 616.
spinosa T. 612.
Spiraea ulmaria 328.
Spondylus buprestoides L. 617.
spurius A. 615.
S. semele L. 205.
stagnalis L. 83, 303.
Stauropus fagi 232.
Stegomyia fasciata 104, 116.
Stenichneumon culpator 616.
Stenotryps graminum U. 291.
Stephanoderes hampei 53.
stercorator I. 612,
stenostigma A. 617.
sticticalis L. 615.
sticticalis P. 19.
Stictopisthus complanatus 612.
stigmapteryx 481,
Stilpnotia salicis L. 205, 206.
strataria B. 206.
stricticus A. 437.
strigula A. 206.
strobi P. 480.
subcompletus M. 615.
subtilicornis D. 617.
sulcatus O. 485.
suturalis I. 614.
swainei N. 449. 450, 451, 452, 454, 457.
Syceuctus tenuifasciatus 612.
sylvanus A. 205.
sylvina H. 206.
Sympherobius amicus 472.
Synchroa punctata 482.

T.

Tabanidae 166, 482.
tabaniformis S. 206.
Taeniocampa gracilis 206.
taeniopus Ch. 612.
tardator G. 308, 313, 321.
tardator H. 317, 318, 321.
tau A. 206.
T. castaneum L. 311.
Tenebrio 596.
Tenebrio molitor L. 116, 301, 302, 482, 512, 608.
Tenebrionidae 482.
tenella B. 280.
tenuifasciatus S. 612.
Tephritis conura 152.
terebrans E. 612, 616.
terminalis M. 431.
tessulatana E. 476.
testaceimanus L. 611.
testaceipes C. 617.
testaceus P. 309, 310, 311, 314, 611.
testaceus Rh. 613.
Tetropium castaneum 309, 311, 316.
— luridum L. 316, 618.
Tetrastichus octonus 532, 560.
— fuscum 316.
Thamnonoma wauaria L. 206.
Thereoidae 166.
Theronia atalantae 616, 617.
Thyraeella collaris 617.
tibialis A. 617.
tiliae D. 206, 243.
Timandra amata L. 206.
tincta M. 206.
Tineola biselliella 13, 49, 84, 106, 116, 591, 609.
tinus V. 534, 535
Tipula paludosa 475.
tipuliformis S. 265.
tomentosum V. 535.
Tortrix viridana L. 618.
tournieri 613.
Toxoptera graminum L. 618.
Tragoderma granarium 116, 591.
tremula M. 561.
tremula P. 561.
treponatus P. 616.
triangularis E. 616.
triangulum A. 206.
Triaspis 307, 313.
Triatoma 476.
Tribolium confusum 53.
tricarinatus Ch. 614.
Trichogramma evanescens 14, 49, 116, 188, 273, 591.
— enecator 617.
Trichopria spinosa 612.
Triclistus curvator 618.
— laevigatus 618.
tricoloripes O. 615.
tridens A. 611.
trifolii Z. 206.
trigrammica G. 206.
Trioxys auctus 611.
triplasia A. 206.
tristis D. 616.
tritoma L. 616.
trochanterata A. 618.
Trochilium apiforme 206, 208, 233, 265.
troglodites S. 477.
Trogus 431.
Tropicoris rufipes 577, 587.
Tropidopria compressa 616.
truncator I. 613.
tuberculatus E. 615.
tuberculiger M. 615.
tumidulus M. 617.
turca L. 206.
turionellae P. 614.
Tycholomnus scaber 182.
Typhlocybinae (Jassidae) 479.
typhosus B. 151, 161.
typographus I. 49, 271, 443, 443.

U.

ulmaria Sp. 328.
ulmi L. 415, 416, 417, 418, 422, 483.
umbratica R. 206.
unanimis H. 206.
unipuncta L. 615.
urticae V. 205, 206, 221.

V.

vadatorius A. 426, 432, 613.
Vanessa jo L. 205, 206, 260.
V. antiopa L. 205.
variabilis L. 314.
variabilis Ph. 616.
variegana O. 616.
variipes D. 616.
variipes M. 615.
varium L. 431.
var. ningpoana 206.
var. sibirica 312.
V. Carlesi 535.
V. cassinoides 535.
velox M. 617.
ventricosa P. 613.
Vermilio 486.
versicolor M. 615.
Vertebraten 594.
Vespa orientalis L. 618.
vesparum Sp. 618.
vexans A. 437.
viburni G. 531, 532, 548, 549, 564.
Viburnum 532, 534.
Viburnum opulus 535.
Viburum tinus L. 534, 535.
viduatorius C. 615.
vinula D. 206, 228, 250.
V. io L. 216, 235, 249, 476.
violaceum C. 309, 310, 311, 314, 316, 321.
violaceum C. 612.

virens A. 471.
virens L. 206.
viridana T. 618.
viridissima L. 431.
vitripennis A. 617.
vitripennis M. 622, 623.
vittatus P. 617.
vittula Ph. 616.
V. lantana 535.
V. lentago 535.
V. molle 535.
vomitatia C. 151.
V. prunifolium 535.
V. rhytidophyllum 535.
V. Sieboldii 535.
V. tomentosum 535.
vulgaris A. 616.
vulgatissima Ph. 586.
vulnerator P. 613, 614, 616, 617.
V. urticae L. 205, 206, 221.

W.

wauaria Th. 206.
widhalmi Rh. 616.
woerneriella J. 478.
wülkeri S. 472.

X

xanthopus A. 427.
xanthostigma A. 612.
xanthostoma L. 612, 613, 614.
Xenomyrmex 486.
Xenoschesis fulvipes 280.
Xorides 307.
Xorides collaris 611.
— ephialtoides 323.
— ruspator 318.
Xylonites retusus 309, 310, 311, 314.
Xylonomus ater 618.
— irrigator 611.
— praecatorius 617.
Xylophrurus lancifer 618.
Xyloterus lineatus 271, 466.

X.

yamamay A. 260.

Z.

Zephyrus betulae L. 205.
Zeuzera pyrina L. 206, 233, 243, 244, 245, 618.
ziczac V. 206.
zinckenella E. 613.
Zygaena filipendulae L. 206.
— lonicerae 206
— trifolii 206, 212.

E. A. f.

BAND XX HEFT 1 APRIL 1933

INSECT LIBRARY
MAY 1933
Ent. 270

ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

ZUGLEICH ORGAN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

HERAUSGEGEBEN VON
K. ESCHERICH
Dr. med. et phil., Dr. h. c., o. ö. Professor an der Universität München

MIT 55 TEXTABBILDUNGEN

BERLIN
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY

Z. ang. Ent. Bd. XX ***Heft 1*** *S. 1—168 Bln. 1933*

Inhalt.

Originalaufsätze.

Seite

Studien zur Ökologie, insbesondere zur Bevölkerungslehre der Nonne, *Lymantria monacha* L. (Vermehrungspotential und Sterblichkeit der Entwicklungsstufen in ihren Beziehungen zu Temperatur und Luftfeuchtigkeit). Von W. Zwölfer, München. (Aus dem Institut für angewandte Zoologie.) (Mit 2 Abbildungen und 14 Diagrammen.) 1

Der Einfluß von Hunger und engem Lebensraum auf das Wachstum und die Fortpflanzung der Lepidopteren. Von Christoph Hofmann. (Aus dem Institut für angewandte Zoologie der Bayerischen Forstlichen Versuchsanstalt München.) (Mit 25 Abbildungen.) 51

Der Einfluß der Umweltbedingungen (Temperatur und Ernährung) auf die Eierzeugung und Lebensdauer eines Insekts (*Sitona lineata* L.) mit postmetaboler Eientwicklung und langer Legezeit. Von K. Th. Andersen. (Aus dem Zoologischen Institut Weihenstephan der Technischen Hochschule München.) (Mit 4 Abb.) . 85

Bemerkungen zu der Arbeit von Rudolf Geiger: „Meteorologische Beobachtungen bei der mittelfränkischen Kieferneulenbekämpfung mit Flugzeug und Motor im Frühjahr 1931." Von Dr. F. Borchers 117

Experimentelle Beiträge zur Biologie der Stechmücken III. Blutverdauung und Eireifung bei *Anopheles maculipennis* am Ende der Überwinterung. Von Otto Hecht. (Mit 1 Abbildung.) 126

Untersuchungen über die Teilchengröße der wirksamen Substanz von wäßrigen Pyrethrum-Insektenpulver-Suspensionen. Von Dr. Walter Buchmann. (Aus der Preußischen Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Präsident: Geh. Prof. Dr. Beninde, Zool. Abteilung, Direktor: Prof. Dr. Wilhelmi.) . . . 136

The Method of Survival of Bacteria in the Puparia of the Seed-Corn Maggot (*Hylemyia Cilicrura* Rond.). By J. G. Leach. (With 9 Figures.) 150

Referate.

Einzelreferate 162

Schriftleitung: Geh. Reg.-Rat Professor Dr. K. Escherich, München 19, Prinzenstr. 26. Manuskripte sind nur an den Herrn Herausgeber zu schicken.

Honorierung: Die Beiträge sind so kurz und präzise wie möglich zu halten. Bei Abbildungen wird gebeten, sich auf das Notwendigste zu beschränken. Jeder Arbeit ist am Schluß eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse anzufügen. Das Honorar beträgt pro Bogen 40.— Rm., mehr als 3 Bogen werden nicht honoriert. Doktorarbeiten sind honorarfrei. Jeder Mitarbeiter erhält von seinem Beitrag unberechnet 30 Sonderabdrucke, bei Doktorarbeiten 50.

Erscheinungsweise: Jährlich erscheint 1 Band, gegliedert in 4 Hefte mit einem Durchschnittsumfang von je etwa 10 Bogen.

Einbanddecke je Band Rm. 2,20.

BAND XX HEFT 2 JULI 1933

AUG 3
Ent. 270
RIAL
PARATE

ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

ZUGLEICH ORGAN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

HERAUSGEGEBEN VON
K. ESCHERICH
Dr. med. et phil., Dr. h. c., o. ö. Professor an der Universität München

MIT 49 TEXTABBILDUNGEN

BERLIN
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY

Z. ang. Ent. Bd. XX Heft 2 S. 169—328 Bln. 1933

Inhalt.

Originalaufsätze.

Seite

Die Entwicklung der Forleule (*Panolis flammea* Schiff.) 1931 im Lorenzer Reichswald. Von Dr. B. Adolf Marcus. (Mit 5 Abbildungen.) 169

Vergleichende Morphologie des Lepidopterendarmes und seiner Anhänge. Von Karl Dauberschmidt. (Aus dem Institut für angewandte Zoologie der Bayer. Forstlichen Versuchsanstalt, München.) (Mit 22 Abbildungen.) 204

Ein ernster Angriff von *Lyda arvensis* Panz. Von Prof. Dr. J. E. V. Boas (Kopenhagen). (Mit 13 Abbildungen.) 268

Beitrag zur Kenntnis der Entwicklung von *Haplothrips aculeatus* F. Von Dr. A. Körting. (Institut für Pflanzenkrankheiten, Landsberg/Warthe, Direktor: Prof. Dr. Schander.) (Mit 7 Abbildungen.) 281

Beiträge zur Kenntnis der Biologie von *Agriotes lineatus* L. und *Agriotes obscurus* L. (II. Teil.) Von Dr. R. Langenbuch. (Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Zweigstelle Kiel, jetzt Zweigstelle Aschersleben). (Mit 1 Abbildung.) 296

Über Braconiden und ihre Wirte. Von Dr. Josef Fahringer, Wien 307

Kleine Mitteilungen.

Über Fliegenlarveninfektionen *(Lucilia sericata)* bei Schafen im Wieringermeerpolder (Zuiderzeegebiet). Von Dr. E. A. R. F. Baudet und Dr. Otto Nieschulz. (Aus dem Institut für parasitäre und Infektionskrankheiten der Reichsuniversität zu Utrecht. Direktor Prof. Dr. L. de Blieck) 324

Dem 60jährigen Prof. Dr. Enoch Zander. (Mit 1 Abbildung.) 326

Chortophila rubicola n. sp., ein Schädling der Himbeertriebe. Von Prof. Dr. Günther Enderlein 327

Schriftleitung: Geh. Reg.-Rat Professor Dr. K. Escherich, München 19, Prinzenstr. 26. Manuskripte sind nur an den Herrn Herausgeber zu schicken.

Honorierung: Die Beiträge sind so kurz und präzise wie möglich zu halten. Bei Abbildungen wird gebeten, sich auf das Notwendigste zu beschränken. Jeder Arbeit ist am Schluß eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse anzufügen. Das Honorar beträgt pro Bogen 40.— Rm., mehr als 3 Bogen werden nicht honoriert. Doktorarbeiten sind honorarfrei. Jeder Mitarbeiter erhält von seinem Beitrag unberechnet 30 Sonderabdrucke, bei Doktorarbeiten 50.

Erscheinungsweise: Jährlich erscheint 1 Band, gegliedert in 4 Hefte mit einem Durchschnittsumfang von je etwa 10 Bogen.

Einbanddecke je Band Rm. 2,20.

E & A R

BAND XX HEFT 3 DEZEMBER 1933

Ea. 270

ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

ZUGLEICH ORGAN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

HERAUSGEGEBEN VON
K. ESCHERICH
Dr. med. et phil., Dr. h. c., o. ö. Professor an der Universität München

MIT 55 TEXTABBILDUNGEN

BERLIN
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY

Z. ang. Ent. Bd. XX Heft 3 S. 329—488 Bln. 1933

Inhalt.

Originalaufsätze.

Seite

Studien zur Ökologie des Kiefernspinners, *Dendrolimus pini* L. (Der Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf Sterblichkeit und Entwicklungsdauer.) Von Toshibumi Kojima. (Aus dem Institut für angewandte Zoologie, München.) (Mit 11 Abbildungen) 329

Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklung des Schwammspinners, *Porthetria dispar* L. Von Mithat Ali. (Aus dem Institut für angewandte Zoologie, München.) (Mit 12 Abb.) 354

Untersuchungen über Obstbaumkarbolineen. Von Ferd. Beran und O. Watzl. (Aus dem chemischen und zoologischen Laboratorium der Bundesanstalt für Pflanzenschutz in Wien.) (Mit 11 Abbildungen.) 382

Über den Zusammenhang zwischen der Populationsdichte und Eierproduktion der Weibchen bei der Schildlaus *Chionaspis salicis* L. Von Eugen Smirnov und N. Wiolovitsh. (Zoologisches Institut der Universität Moskau.) (Mit 9 Abb.) 415

Über die Verpuppungsweise einiger Parasiten der Kieferneule (*Panolis flammea* Schiff.). Von Dr Roman Kuntze. (Lwów, Institut für Forstschutz und Entomologie der Technischen Hochschule.) (Mit 4 Abbildungen.) 425

Die Entwicklung einer Aedinenplage im Sommer 1932 in Swinemünde. Von Dr. W. Herold, Swinemünde (Mit 3 Abbildungen.) 435

Forstentomologische Untersuchungen aus dem Gebiete von Lunz III. Untersuchungen über den Verlauf der absoluten Feuchtigkeit in der Kambialzone liegender Fangbäume. Von Ing. Otto Beran. (Aus der Lehrkanzel für Forstschutz und forstliche Entomologie an der Hochschule für Bodenkultur in Wien. — E Schimitschek.) 442

Statistische Untersuchungen über die Kopfkapselbreiten bei Blattwespen. Von Karl E. Schedl, ehemaliger Assistent der Entomological Branch, Department of Agriculture in Ottawa, Canada. (Mit 2 Abbildungen.) 449

Kleine Mitteilungen.

Berieselung und Malaria. Von Prof. Dr. St. Konsuloff-Sofia 461

Boarmia bistortata Goeze als primärer Schädling der Tannenbestände. Von S. S. Prosoroff. (Aus dem Sibirischen Forschungsinstitut für Waldwirtschaft.) (Mit 3 Abbildungen.) 463

Referate.

Einzelreferate 467

Neue Literatur.

Eingesandte Literatur 471

Schriftleitung: Geh. Reg.-Rat Professor Dr. K. Escherich, München 19, Prinzenstr. 26. Manuskripte sind nur an den Herrn Herausgeber zu schicken.

Honorierung: Die Beiträge sind so kurz und präzise wie möglich zu halten. Bei Abbildungen wird gebeten, sich auf das Notwendigste zu beschränken. Jeder Arbeit ist am Schluß eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse anzufügen. Das Honorar beträgt pro Bogen 40.— Rm., mehr als 3 Bogen werden nicht honoriert. Der von Abbildungen eingenommene Raum sowie Doktor-Dissertationen werden nicht honoriert. Jeder Mitarbeiter erhält von seinem Beitrag unberechnet 30 Sonderabdrucke, bei Doktorarbeiten 50.

Erscheinungsweise: Jährlich erscheint 1 Band, zu 4 Heften im Gesamtumfang von etwa 40 Bogen zum Preise von i. Sa. etwa 52,— Rm.

Einbanddecke je Band Rm. 2,20.

BAND XX HEFT 4 MÄRZ 1934

IMP. INS... LIBRARY ...CARDIFF

Ent. 270

ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

ZUGLEICH ORGAN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

HERAUSGEGEBEN VON
K. ESCHERICH
Dr. med. et phil., Dr. h. c., o. ö. Professor an der Universität München

MIT 46 TEXTABBILDUNGEN

BERLIN
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY

Z. ang. Ent. Bd. XX ***Heft 4*** *S. 489—670 Bln. 1934*

Inhalt.

Originalaufsätze.

Seite

Die Wirkung des Kontaktgiftes Pyrethrum auf Forstschädlinge unter dem Einfluß der physiologischen Disposition der Schädlinge und der Einwirkung von ökologischen Außenfaktoren. Von Karl Gößwald, München. (Aus dem Institut für angewandte Zoologie.) (Mit 10 Abbildungen.) 489

Beitrag zur Biologie des Schneeballkäfers *Galerucella viburni* Payk., mit besonderer Berücksichtigung der Brutfürsorge und der mit diesen Instinktäußerungen in Zusammenhang stehenden anatomischen und physiologischen Besonderheiten. Von Martin Lühmann. (Aus dem Zoologischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule Berlin. Direktor: Prof. Dr. Heymons.) (Mit 15 Abbildungen.) 531

Obstbaumkarbolineum als Schädlingsbekämpfungsmittel. Von W. Speyer, Stade . 565

Zur Frage nach dem Temperaturoptimum des Lebens. II. Über die Temperaturabhängigkeit einzelner physiologischer Prozesse und ihre Beziehung auf das Lebensoptimum des Organismus. Von I. W. Kozhantschikow, Leningrad. (Mit 4 Abbildungen.) 590

Schlupfwespen, die in Rußland in den letzten Jahren aus Schädlingen gezogen sind. Von N. F. Meyer, Leningrad 611

Über einige quantitative Beziehungen in der Insekten-Epidemiologie. Von G. F. Gause. (Aus dem Zoologischen Institut der Universität Moskau.) (Mit 2 Abb.) 619

Ein einfacher, selbstherstellbarer Thermohygrostat mit innerer Luftzirkulation. Von E. Meyer. (Aus der Biologischen Reichsanstalt, Zweigstelle Kiel.) (Mit 8 Abb.) 624

Kleine Mitteilungen.

Zur Bionomie der Copeognathen (Staubläuse) 636

Kleiner Beitrag zur Kenntnis der Holzschädlinge. Von Dr. Karl Schedl. (Mit 1 Abb.) 638

Die Makrofauna der Waldstreu. Quantitative Untersuchungen in Beständen mit guter und schlechter Zersetzung des Bestandesabfalls. Autoreferat von Anton Ulrich 640

Einiges über die Schildmotte. (Mit 6 Abbildungen.) 642

Referate.

Einzelreferate 646

Autorenregister 651

Sachregister 656

Schriftleitung: Geh. Reg.-Rat Professor Dr. K. Escherich, München 19, Prinzenstr. 26. Manuskripte sind nur an den Herrn Herausgeber zu schicken.

Honorierung: Die Beiträge sind so kurz und präzise wie möglich zu halten. Bei Abbildungen wird gebeten, sich auf das Notwendigste zu beschränken. Jeder Arbeit ist am Schluß eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse anzufügen. Das Honorar beträgt pro Bogen 40.— Rm., mehr als 3 Bogen werden nicht honoriert. Der von Abbildungen eingenommene Raum sowie Doktor-Dissertationen werden nicht honoriert. Jeder Mitarbeiter erhält von seinem Beitrag unberechnet 30 Sonderabdrucke, bei Doktorarbeiten 50.

Erscheinungsweise: Jährlich erscheint 1 Band, zu 4 Heften im Gesamtumfang von etwa 40 Bogen zum Preise von i. Sa. etwa 52,— Rm.

Einbanddecke je Band Rm. 2,20.